

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE  
FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE  
SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS  
DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA –  
SULLANA - PIURA”**

PRESENTADA POR:

**BACH. EDWIN JOEL VITE CARDOZA**

PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO  
CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

**LÍNEA DE INGENIERIA DE TRANSPORTE**

PIURA, PERÚ

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL  
SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE  
SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS  
DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA –  
SULLANA - PIURA”**

**APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR**

---

**Bach. EDWIN JOEL VITE CARDOZA**

Tesista

---

**DR. ING. EDWIN OMAR VENCES MARTINEZ**

Asesor

## **DECLARACION JURADA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS**

**YO: Edwin Joel Vite Cardoza** identificado con **DNI N° 45265992**, bachiller de la Facultad de Ingeniería Civil y domiciliado en APV Miguel Grau La Nueva Providencia Manzana D lote 02 del Distrito de Piura, Provincia de Piura, Departamento de Piura, celular 943146231. Email: [Edwinvite26@gmail.com](mailto:Edwinvite26@gmail.com)

**DECLARO BAJO JURAMENTO:** Que la tesis que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el ART. N° 411 del código penal concordante con el Art. 32ª de la ley N° 2744. Y la ley de procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección de los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente

Piura, agosto del 2019



---

**DNI N° 45265992**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL  
SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE  
SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS  
DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA –  
SULLANA - PIURA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

ING. CARMEN CHILON MUÑOZ MSc.

PRESIDENTE

ING. ROSARIO CHUMACERO CORDOVA MSc.

SECRETARIO

ING. ANTONIO TIMANA FIESTAS MSc.

VOCAL





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**DECANATO**

## **ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS**

Los Miembros del Jurado Calificador, que suscriben, reunidos para estudiar el Trabajo de Tesis, presentado por el ex alumno de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Piura.

**BACH. VITE CARDOZA EDWIN JOEL**

### **TESIS TITULADA**

**"MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DEL SISTEMA DE SU DRENAJE EN EL KM. 8+500 AL KM. 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACION EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA"**

Oídas las observaciones y las respuestas a las preguntas, lo declaran

APROBADO con el calificativo de BUENO.

En consecuencia, queda en condiciones de ser calificado:

APTO

Por el Consejo de Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el **título de INGENIERO CIVIL**, de conformidad con lo estipulado en el Art. 176 del Estatuto General de la Universidad Nacional de Piura.

PIURA, 02 DE AGOSTO DE 2019

ING. CARMEN CHLON MUÑOZ Mtro.  
Presidente

ING. ROSARIO CHUMACERO CORDOVA Mtra.  
Secretaria

ING. ANTONIO TIMANA FIESTAS Mtro.  
Vocal

### ***DEDICATORIA***

A mis padres porque me dan el motivo de seguir cumpliendo mis metas tanto personales como profesionales y al darles la felicidad que me vean conseguirlas.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, a dios por darme un día más de vida, me cuide siempre en el día a día y seguir adelante cumpliendo mis metas.

Agradecer al Dr. Edwin Omar Vences Martínez, asesor de esta tesis, quien dedico parte de su tiempo en guiarme.

A los miembros del jurado calificador: Ing. Carmen Chilon Muñoz, Ing. Rosario Chumacero Córdova e Ing. Antonio Timana Fiestas, quienes con sus aportes y correcciones enriquecieron esta investigación que será de provecho para futuras generaciones.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	12
ABSTRACT .....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO 1: ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA .....	15
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	15
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.3. OBJETIVOS .....	16
1.3.1. Objetivo General: .....	16
1.3.2. Objetivos Específicos:.....	16
1.4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. ....	17
CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO .....	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN. ....	19
2.2. BASES TEÓRICAS. ....	19
2.2.1. DRENAJE SUPERFICIAL.....	19
2.2.2. CUNETAS .....	20
2.2.3. LONGITUD DE LA ESTRUCTURA .....	22
2.2.4. PROYECTO CONSTRUIDO .....	22
2.2.5. DRENAJE SUBTERRANEO.....	23
2.2.6. RELLENO DE ZANJAS .....	25
2.2.7. CAJAS DE REGISTRO Y BUZONES .....	27
2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	28
2.4. HIPÓTESIS .....	30
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	30
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLOGICO .....	31
3.1. ENFOQUE.....	31
3.1.1. DISEÑO .....	31
3.2. SUJETOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	31

3.3. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS .....	32
3.3.2 Drenes Longitudinales. ....	32
3.3.3 Drenes Transversales. ....	32
3.3.1. Capa Permeable.....	32
3.3.2. SUB DRENES LONGITUDINALES .....	34
3.3.3. SUBDRÉN TRANSVERSAL .....	43
3.3.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS QUE INFLUYEN EN EL DRENAJE .....	45
3.3.5. GEOTEXTILES.....	49
3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS .....	61
3.4.1. CRITERIO DE DISEÑO .....	61
3.4.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO Y MECÁNICA DE SUELOS .....	70
3.4.3. GEOTEXTIL NO TEJIDO .....	75
3.4.4. TUBERÍA PVC.....	76
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DIFUSIÓN.....	77
4.1. DISEÑO DE ANÁLISIS DE SUBDRENAJE .....	77
4.2. DISCUSIÓN .....	82
4.2.1. ESTUDIO GEOTÉCNICO DE MECÁNICA DE SUELOS .....	82
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES .....	87
Bibliografía.....	88
CAPÍTULO 5: ANEXOS .....	90
5.1. PANEL FOTOGRAFICO .....	90
5.2. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	90
5.3. PLANOS.....	90

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura N° 1.1 Ubicación del Area de Estudio.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura N° 1.2 Carretera Vecinal Km 8+500 Al Km 9+500.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura N° 2.1 Detalle típico de cuneta o zanja de coronación .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura N° 2.2 Sección, pendiente y elevación de fondo .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura N° 2.2 Constitución de un dren subterráneo. ....</i>	<i>24</i>
<i>Figura N° 2.4. Se proyecta el dren subterráneo .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura N° 2.5: Muestra la caja de registro y sus dimensiones .....</i>	<i>27</i>
<i>Figura N° 2.6: Se observa un buzón y las partes que lo constituyen .....</i>	<i>28</i>
<i>Figura N° 3.1: Se muestra la capa permeable .....</i>	<i>33</i>
<i>Figura N° 3.2: Se muestra la base como capa permeable y capa permeable bajo la sub base o como parte de ella. ....</i>	<i>34</i>
<i>Figura N° 3.3: Se muestra cómo se construye un sub dren longitudinal. ....</i>	<i>34</i>
<i>Figura N° 3.4: muestra la disposición general que den tener los drenes subterráneos .....</i>	<i>35</i>
<i>Figura N° 3.5: Muestra el encauce del agua por filtración en el pavimento.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura N° 3.6: Se observa el nivel freático en un pavimento.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura N° 3.7: Orificios de tuberías perforadas en la mitad inferior de la superficie del tubo (consideraciones sobre el drenaje de los pavimentos, disposición de orificios en una tubería perforada, 2014). ....</i>	<i>37</i>
<i>Figura N° 3.8: Se observa la tubería longitudinal (Manual para el diseño de carreteras, 2014). ....</i>	<i>38</i>
<i>Figura N° 3.9: Esquema general de una tubería de descarga (Consideraciones sobre drenaje en pavimentos, 2014). ....</i>	<i>42</i>
<i>Figura N° 3.10: Cabezal de salida en una carretera. (consideraciones sobre el drenaje en pavimentos, 2014). ....</i>	<i>42</i>
<i>Figura N° 3.11: Drenes longitudinales en carreteras a media ladera y en trinchera, respectivamente (manual para el diseño de carreteras, 2014). ....</i>	<i>42</i>
<i>Figura N° 3.12: El drenaje en espina interceptores de acuerdo con las siguientes condiciones:.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura N° 3.13: Dren transversal en forma de espiga de pez.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura N° 3.14: En consecuencia, la cohesión en suelos.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura N° 3.15: Muestra la fricción interna en suelos .....</i>	<i>46</i>



<i>Figura N° 3.16: Se muestra la comprensibilidad en el suelo.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura N° 3.17: Se puede mostrar la permeabilidad en el suelo .....</i>	<i>48</i>
<i>Figura N° 3.18: Se observa la capilaridad en los suelos .....</i>	<i>49</i>
<i>Figura N° 3.19: Se muestra el uso de geotextil en carreteras .....</i>	<i>50</i>
<i>Figura N° 3.20: Se observa la colocación de un sistema de subdrenaje tradicional .....</i>	<i>51</i>
<i>Figura N° 3.21: Se muestra como se coloca el geotextil no tejido en caminos ..</i>	<i>53</i>
<i>Figura N° 3.22: Se conserva como actúa un pavimento sin y con geotextil ante una carga (catálogo funciones aplicaciones de geotextiles, 2014). .....</i>	<i>54</i>
<i>Figura N° 3.23: Se muestra cómo actúa de manera estructural y de confinamiento el geotextil en un suelo blando (Catálogo funciones aplicaciones de geotextil, 2014). .....</i>	<i>55</i>
<i>Figura N° 3.24: Geotextil no tejido para estabilización y separación de caminos .....</i>	<i>56</i>
<i>Figura N° 3.25: Se muestra paso a paso los lineamientos de instalación de un geotextil no tejido .....</i>	<i>58</i>
<i>Figura N° 3.26: Se muestra la situación de filtros por los geotextiles no tejidos</i>	<i>59</i>
<i>Figura N° 3.27: Se muestra la conformación del sistema convencional de filtros de agregado y sistema con filtro geotextil (uso de geotextiles en el drenaje subsuperficial o subdrenaje, separación de camino, 2014). .....</i>	<i>60</i>
<i>Figura N° 3.28: Filtros geotextiles (uso de geotextiles en el drenaje subsuperficial o subdrenaje, ejemplo de usos de filtros geotextiles no tejidos en caminos, 2014). .....</i>	<i>61</i>

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1 presenta los gastos y velocidades en las cuentas tipo para tirantes de agua de 30 cm con diferentes pendientes .....	22
Tabla N° 2.2. <i>Presenta las velocidades del agua con que erosionan diferentes materiales</i> .....	23
Tabla N° 3.1: <i>Fuente: población 2000 al 2015 INEI</i> .....	32
Tabla N° 3.2: <i>Profundidades mínimas para la tubería de subdrenes longitudinales</i> .....	38
Tabla N° 3.3: <i>Valores de K para diferentes diámetros de tubería y coeficiente de rugosidad</i> .....	40

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación de tesis tiene como finalidad plantear una propuesta técnica para el “MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”. La carretera del alto chira tiene problemas de presencia de niveles freáticos en excavaciones a cielo abierto, producto de los cultivos de arroz y quebradas naturales propias de la zona.

La propuesta técnica es diseñar un sistema de subdrenaje (DREN FRANCES) que consiste en interceptar, conducir y/o desviar los flujos superficiales (subterráneos) que se encuentren en el suelo de fundación de la carretera y/o provenientes de los taludes adyacentes.

Este mejoramiento lograremos evitar el impacto negativo de la presencia del agua. Para buscar un desempeño en la estabilidad, durabilidad y transitabilidad a lo largo la vida útil del paquete estructural.

Palabras Claves: Mejoramiento Aplicando Sistema de Subdrenaje existente.

## **ABSTRACT**

The purpose of this thesis research work is to propose a technical proposal for the "IMPROVEMENT OF SUPPORT CAPACITY OF FOUNDATION FOUNDATION FOR INCORPORATION OF SUBDRAINAGE SYSTEM IN KM 8 + 500 TO KM 9 + 500 WITH PROBLEMS OF FILTRATION ON THE ROAD ALTO CHIRA - SULLANA - PIURA ". The high chira road has problems with the presence of groundwater levels in open-pit excavations, the product of rice crops and natural streams typical of the area.

The technical proposal is to design a subdrench system (FRENCH DREN) that consists of intercepting, driving and / or diverting the superficial (underground) flows that are found in the foundation ground of the road and / or coming from the adjacent slopes.

This improvement will avoid the negative impact of the presence of water. To look for a performance in the stability, durability and passability throughout the useful life of the structural package.

Key Words: Improvement Applying Subdrainage System

## **INTRODUCCIÓN**

La carretera del Alto Chira es una carretera vecinal que une los distritos de Sullana, Bellavista y Lancones, tiene una longitud de 31.315Km. En el desarrollo de su longitud une 14 centros poblados: Nueva esperanza, El Cucho, Montenegro, Huangalá, San Vicente de Piedra Rodada, Santa Rosa de Piedra Rodada, Chalacala Baja, El Porton, Chalacalá Alta, Marán, Somate Bajo, Riecito, Chilaco Sur y Chilaco Pelados, que todos ellos constituyen importantes centros de producción netamente agrícola.

La principal fortaleza de la zona, es la calidad edafológica de sus suelos, que hace que el valle del Alto Chira sea muy productivo, y unos de los motores económicos del país. Sin embargo, esta fortaleza económica, es una gran debilidad para la ejecución de obras civiles, ya que los suelos arcillosos no poseen una gran capacidad de soporte y además la presencia de los diferentes cultivos y quebradas naturales característicos de la zona, originan que las aguas se filtren por los diferentes estratos del Valle del alto Chira, aflorando en diferentes tramos de la obra.

Uno de los tramos más críticos por problemas de filtraciones es el que se encuentra entre las progresivas Km 8+500 al 9+500 el cual es motivo del presente proyecto de tesis.

## **CAPÍTULO 1: ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Descripción y formulación del problema de investigación:

El estado actual de la carretera, muestra que este tipo de suelos saturados por filtraciones de agua provenientes de los diferentes cultivos y quebradas naturales característicos del valle del Alto Chira, se presentan cercana y peligrosamente en los tramos comprendidos del Km. 5+360 al Km. 6+300 y del Km. 8+000 al Km. 10+400 de la carretera en ejecución; donde el terreno natural presenta nula capacidad de soporte, poniendo en riesgo la integridad de la estructura del pavimento y fines del proyecto.

#### **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:**

¿Es posible mejorar la capacidad de soporte en el suelo de fundación incorporando un sistema de subdrenaje entre los km 8+500 y km 9+500 de la carretera Alto Chira, teniendo en cuenta que la presencia de agua de filtraciones es constante y el tipo de suelo es orgánico y arenoso?

### **1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

**Justificación:** Este proyecto de tesis lo desarrollamos debido a que se tiene la necesidad de diseñar un sistema de Sub Drenaje entre las progresivas Km 8+500 al 9+500 de la carretera del alto chira, con la finalidad de disminuir el nivel de aguas subterráneas para que estas no afecten al paquete estructural del pavimento asfáltico considerado en el proyecto.

**Importancia:** Demostraremos que incorporando el sistema de Sub drenaje (Dren Francés) podemos dar solución al problema de filtraciones subterráneas generadas por los



cultivos ubicados en las zonas altas del Km 8+500 al Km 9+500 de la carretera alto chira.

**Beneficiarios de la investigación:** Los beneficiarios con el presente estudio serán los ingenieros que se dedican a proyectos viales porque tendrán una modelo de diseño de como proyectar un sistema de Sub Drenaje (dren francés). Dándole un valor agregado a la investigación el ser un proyecto en ejecución (caso real), y poder verificar los resultados y comportamiento del mismo después de haber sido ejecutado.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo General:**

- Mejorar la capacidad de soporte del suelo mediante la aplicación de un sistema de sub drenaje longitudinal y transversal entre el km 8+500 y el km 9+500 de la carretera Alto Chira, con la finalidad de mejorar la capacidad de soporte en el suelo de fundación de la carretera.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos:**

- Diseñar el sistema de sub drenaje longitudinal en el tramo km 8+500 al km 9+500 con problemas de filtraciones.
- Diseñar el sistema de sub drenaje transversal en el tramo km 8+500 al k m 9+500 con problemas de filtración.

#### 1.4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El área de estudio comprende estaba ubicada entre el tramo de la carretera vecinal km 8+500 al km 9+500 que une los distritos de Sullana, Bellavista y Lancones del Departamento de Piura, Provincia de Sullana, tiene las siguientes coordenadas PSAD 56:

Norte : 9463179.21 - 9463940.79

Sur : 542464.03 - 543038.58

El Distrito de Sullana colinda con:

Por el norte : El Distrito de Querecotillo

Por el sur : Con la Provincia de Piura

Por el oeste : El Distrito de Lancones

Por el este : El Distrito de Miguel Checa



Figura N° 1.1 Ubicación del Area de Estudio.



*Figura N° 1.2 Carretera Vecinal Km 8+500 Al Km 9+500.*

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO**

### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.**

La presente investigación de **“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACIÓN POR INCORPORACIÓN DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMA DE FILTRACIÓN DEN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA – PIURA”** tiene la carencia de sistema de subdrenaje, debido la existencia de humedad de la zona perjudicando el paquete estructural cuyos afectados son los pobladores.

Una de los problemas que de nuestra actualidad es la que ocasiona los niveles freáticos ya que produciendo socavación el paquete estructural colapsa y no lleva a un buen funcionamiento de la carretera.

### **2.2. BASES TEÓRICAS.**

#### **2.2.1. DRENAJE SUPERFICIAL**

##### **2.2.1.1.OBRAS PROVISIONALES DE DRENAJE**

Algunas veces, es importante la construcción de medidas temporales de drenaje superficial después de ocurrido un deslizamiento, para evitar su ampliación o aceleración. Estas obras pueden consistir en diques o canales de tierra, mampostería, concreto o bolsas de polipropileno o fibras vegetales rellenas de suelo, sellado de grietas con arcilla, mortero o asfalto para reducir la infiltración y cubrir el terreno (temporalmente) con plásticos.

##### **2.2.1.2. DRENAJE LONGITUDINAL**

El drenaje longitudinal deberá proyectarse como una red o conjunto de redes que recoja el agua de escorrentía superficial procedente de la plataforma de la carretera y de los márgenes que vierten hacia ella y la conduzca hasta un punto de desagüe, restituyéndolas a su cauce natural. Es decir, actúa como by - pass, ofreciendo al agua un camino alternativo para que no interfiera con la carretera. Para evitar el impacto negativo de la presencia del agua, en la estabilidad, durabilidad y transitabilidad, en esta sección se considerará los distintos tipos de obras necesarios para captar y eliminar las aguas que se acumulan en la

plataforma de la carretera, las que pueden provenir de las precipitaciones pluviales y/o de los terrenos adyacentes.

El sistema de drenaje longitudinal lo integran 3 tipos de dispositivos funcionales:

- Elemento de canalización: recogen las aguas pluviales.
- Elementos de desagüe: alivian el caudal de los anteriores, facilitando la salida de las aguas.
- Elementos de evacuación: conducen las aguas hasta su evacuación en un cauce natural.

### **2.2.2. CUNETAS**

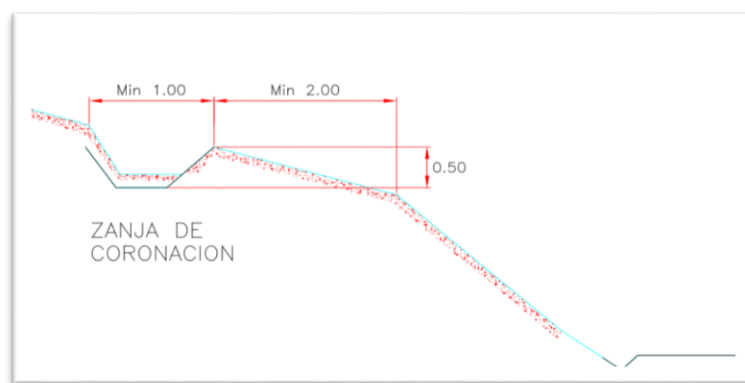
Las cunetas son zanjas longitudinales revestidas o sin revestir abiertas en el terreno, ubicadas a ambos lados o a un solo lado de la carretera, con el objeto de captar, conducir y evacuar adecuadamente los flujos del agua superficial, las cunetas pueden construirse de diferentes materiales en función de la velocidad de circulación del agua en seno, magnitud depende directamente de la inclinación longitudinal de la cuneta, que suele coincidir con la adoptada para la vía.

Una velocidad superior a la tolerable por el material causaría arrastres y erosiones del mismo, reduciendo la funcionalidad de la cuneta. Así, para bajas velocidades no es necesario efectuar ningún revestimiento, mientras que si esta supera 4.5 m/s. es necesario revestir las paredes de hormigón.

Otras disposiciones propias de cunetas son:

#### **2.2.2.1. Cuneta de Coronación de Terraplén**

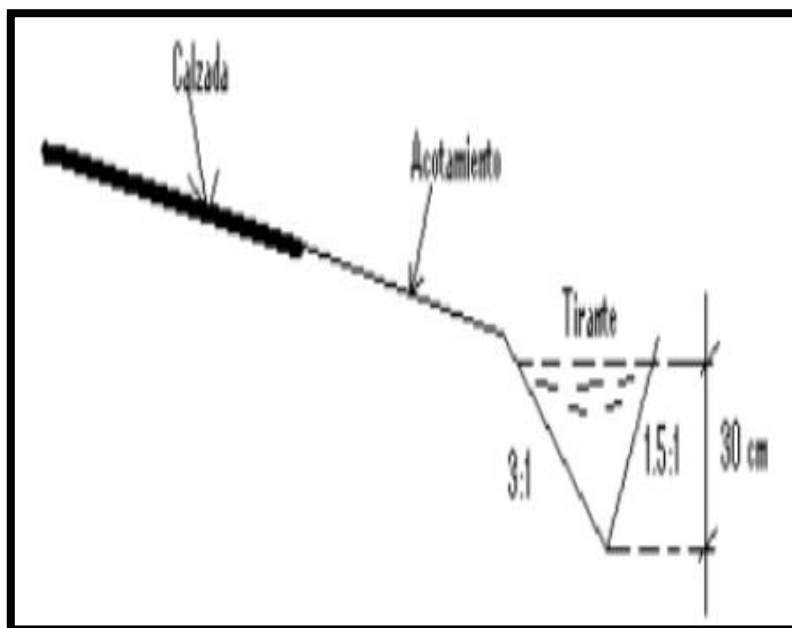
Se coloca en la parte más alta del desmonte para evitar la erosión y arrastre de materiales que conforman el talud, así como para aliviar parte del caudal que debería recoger la cuneta principal, interceptando la escorrentía de las laderas circundantes. (FIGURA 2.1)



*Figura Nº 2.1 Detalle típico de cuneta o zanja de coronación<sup>1</sup>*

#### **2.2.2.2. Sección, Pendiente y Elevación de Fondo**

La tendencia es hacer cunetas tan pequeñas y poco profundas como sea posible, tanto para mayor seguridad como para mayor economía en la construcción y conservación. La práctica actual de nuestro país es hacer cunetas en forma V, suponiendo un tirante de agua de 30cm y teniendo un talud 1:3 por el lado del camino y por el lado de afuera el talud natural. (**FIGURA 2.2**)



*Figura Nº 2.2 Sección, pendiente y elevación de fondo*

<sup>1</sup> Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje



### 2.2.3. LONGITUD DE LA ESTRUCTURA

Una cuneta de las dimensiones indicadas, pueden servir satisfactoriamente en longitudes hasta de 600 o 700 m., en terreno plano y de cierta pendiente.

Estas longitudes se contarán desde una cresta hasta un desfogue, o bien desde una alcantarilla de alivio a otra.

### 2.2.4. PROYECTO CONSTRUIDO

Para que se conserven con facilidad las secciones dadas a las cunetas, es necesario que la velocidad no pase de ciertos valores.<sup>2</sup>

Tabla N° 2.1 presenta los gastos y velocidades en las cuentas tipo para tirantes de agua de 30 cm con diferentes pendientes

Pendiente de la cuneta en %	Velocidad m/seg.	Gasto en m³/seg.
1	0.60	0.110
2	0.90	0.117
3	1.10	0.200
4	1.30	0.240
5	1.50	0.270
6	1.60	0.300
7	1.70	0.320
8	1.80	0.340
9	2.00	0.370
10	2.10	0.400

*Fuente (Cruz Pérez Jorge, Serrano Catañon Eric, 2006).*

---

<sup>2</sup> Drenaje y subdrenaje en Carreteras – Instituto Politécnico Nacional

Tabla N° 2.2. Presenta las velocidades del agua con que erosionan diferentes materiales

Material	Velocidad en m/seg.
Arena fina	0.45
Arcilla arenosa	0.50
Arcilla ordinaria	0.85
Arcilla firme	1.25
Grava fina	2.00
Pizarra suave	2.00
Tepetate	2.00
Grava gruesa	3.5
Zampeado	3.4 a 4.5
Concreto	4.5 a 7.5

*Fuente (Cruz Pérez Jorge, Serrano Catañon Eric, 2006)<sup>3</sup>.*

Con la ayuda de estas tablas se puede saber, para distintas pendientes de las cunetas, cuando es necesario protegerlas contra la erosión. Ordinariamente no se necesita zampear cuando la velocidad no pasa de 1.20 m/seg. Cuando hay peligro de que la velocidad crezca demasiado se pueden poner muros interceptores a intervalos adecuados, pero este procedimiento suele ser más costoso, por eso se recomienda recubrir la cuneta con concreto o zampeados o bien entubar el agua en los tramos especiales difíciles.

## **2.2.5. DRENAJE SUBTERRANEO**

### **2.2.5.1. CONDICIONES GENERALES**

El drenaje subsuperficial o subdrenaje pretende eliminar el agua subterránea, o bien abatir su nivel hasta donde no sea perjudicial a la carretera. El agua que está situada bajo la superficie de la tierra se presenta en corrientes o estancadas. Una vez que se detecta su presencia, habrá que darle el tratamiento necesario para su evacuación.

El nivel del agua subterránea generalmente es paralelo a la superficie del terreno. En terrenos planos o de lomerío suave es necesario averiguar su profundidad, mediante la investigación de campo para definir las zonas que en realidad necesitan subdrenaje. El subdrenaje es de suma importancia, pues el exceso de agua humedad es altamente

---

<sup>3</sup> Tablas 2.1 y 2.2: *Fuente (Cruz Pérez Jorge, Serrano Catañon Eric, 2006)*

perjudicial, ya que ocasiona baches, grietas y deslaves, así como la inestabilidad en el material de los taludes.

Los objetivos de subdrenaje de las carreteras son:

Facilitar la ejecución de las explanaciones durante la fase de construcción de la carretera.

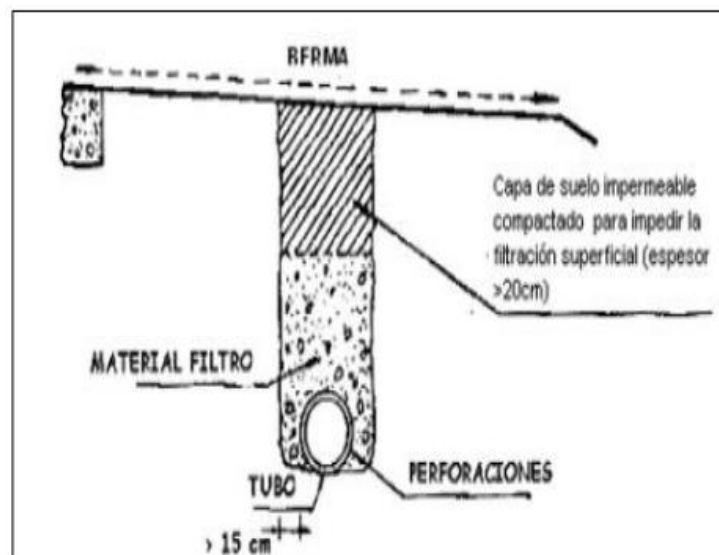
Aumentar la capacidad portante de la subrasante y reducir el espesor el pavimento.

Contribuir en la estabilidad de los taludes mediante la orientación favorable de los flujos de aguas internas.

#### **2.2.5.2. DRENES SUBTERRÁNEOS**

El dren subterráneo estará constituido por una zanja en la que se colocará un tubo con orificios perforados, juntas abiertas, o de material poroso. Se rodeará de un material permeable, material filtro, compactado adecuadamente, y se aislará de las aguas superficiales por una capa impermeable que ocupe y cierre la parte superior de la zanja.

**(FIGURA 2.3)**



*Figura Nº 2.3 Constitución de un dren subterráneo.*

*(Manual para el diseño de carretera pavimentadas, dren subterráneo, 2014).*

Las paredes de la zanja serán verticales o ligeramente inclinadas, salvo en drenes transversales o en espina de pez en que serán admisibles, incluso convenientes, pendientes más fuertes. En casos normales el talud máximo no superará el valor 1/5.<sup>4</sup>

#### **2.2.6. RELLENO DE ZANJAS**

Cuando el fondo de la zanja se encuentre en terreno impermeable, para evitar la acumulación de agua bajo la tubería se preverá la colocación de una capa de material, perfectamente apisonado, y que puede ser del mismo terreno, alrededor del tubo, sin que alcance el nivel de las perfecciones, o se asentara sobre un solado. En caso de tuberías con juntas abiertas, estas pueden cerrarse en su tercio inferior y dar a la capa impermeable el espesor correspondiente

Si el fondo de la zanja se encuentra en terreno permeable, no son necesario las anteriores precauciones.

La composición granulométrica del material permeable el material filtro, con el que se rellene la zanja del dren requiere una atención especial, pues de ella depende su buen funcionamiento.

Si  $d_n$  es el diámetro del elemento de suelo filtro tal que  $n\%$  de sus elementos en peso son menores que  $d_n$  deben cumplirse las siguientes condiciones:

- a) Para impedir el movimiento de las partículas del suelo hacia el material filtrante.
  - $d_{15} \text{ del filtro} / d_{85} \text{ del suelo} < 5$ .
  - $d_{15} \text{ del filtro} / d_{50} \text{ del suelo} < 5$ .
  - $d_{50} \text{ del filtro} / d_{50} \text{ del suelo} < 25$ .

En el caso de terreno natural de granulometría uniforme, se sustituirá la primera relación por:

- $d_{15} \text{ del filtro} / d_{85} \text{ del suelo} < 4$ .
- b) Para que el agua alcance fácilmente del dren  $d_{15} \text{ del filtro} / d_{15} \text{ del suelo} > 5$ .

---

<sup>4</sup> Manual para el diseño de carretera pavimentadas, dren subterráneo, 2014

- c) Para evitar el peligro de colmatación de los tubos por material filtro.
- En los tubos con perforaciones circulares:  
 $D_{85} \text{ del filtro} / \text{diámetro del orificio del tubo} > 1.0$
  - En los tubos con juntas abiertas:  
 $D_{85} \text{ del material filtro} / \text{ancho de la junta} > 1.2$
  - En los tubos de concreto poroso, se debe respetar la siguiente condición:  
 $D_{85} \text{ del árido del dren poroso} / D_{85} \text{ del filtro} < 5.$

En caso de terreno cohesivos, el límite superior para  $d_{15}$  del filtro se establecerá en 0.1 mm. Cuando sea preciso, deberán en el proyecto dos o más materiales de filtros.

Ordenados estos desde el terreno natural a la tubería, deben satisfacer, cada uno con respecto al contiguo, las condiciones exigidas anteriormente entre el material filtro y el suelo a drenar. El ultimo, que será el que rodea el tubo, satisfacer, además, las condiciones que se han indicado en relación con el ancho de las juntas o diámetro de los orificios de dichos tubos. Para impedir cambios en la composición granulométrica o segregaciones del material filtro por movimiento de sus finos, debe utilizarse material de coeficiente de uniformidad ( $d_{60}/d_{10}$ ) inferior a 20, cuidadosamente compactado. **(FIGURA 2.4)**

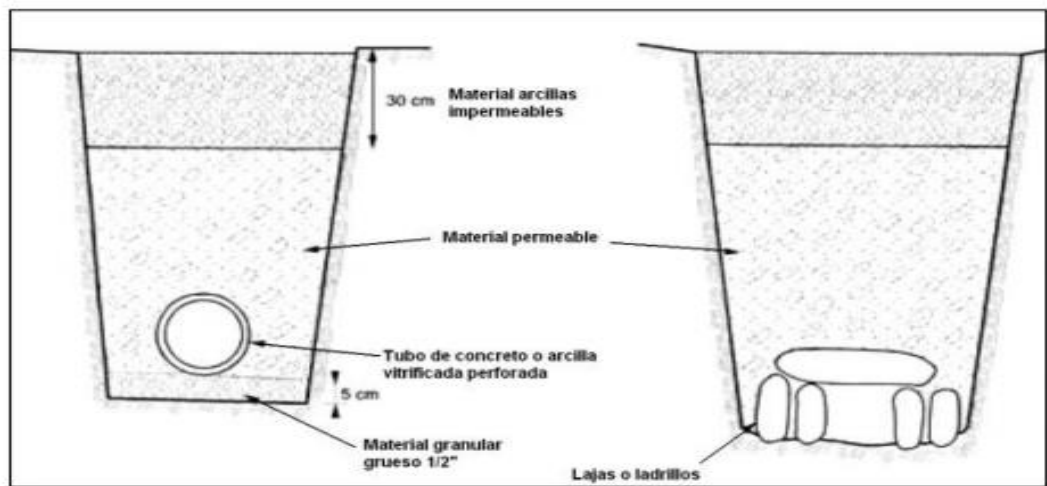


Figura Nº 2.4. Se proyecta el dren subterráneo <sup>5</sup>

---

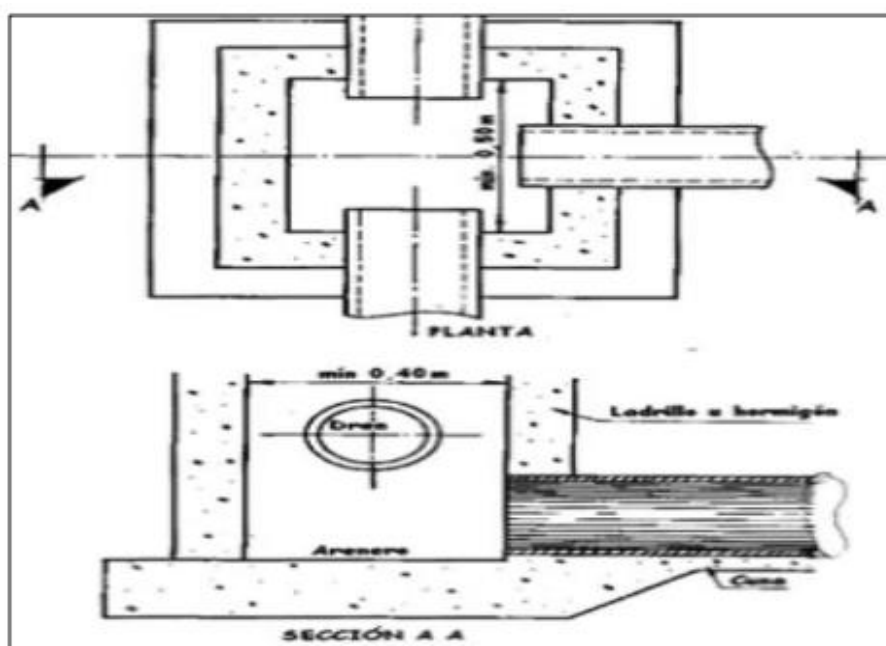
<sup>5</sup> Manual Para el Diseño De Carreteras Pavimentadas, Proyección De Dren Subterráneo 2014.

### 2.2.7. CAJAS DE REGISTRO Y BUZONES

En los drenes longitudinales, se proyectarán, a intervalos regulares, cajas de registro o buzones de registro que permiten controlar el buen funcionamiento del drenaje y sirvan

Para evacuar el agua recogida por la tubería del dren, bien a un colector principal, bien a una cuneta situada, por ejemplo, al pie de un terraplén, a una vaguada natural o a otros dispositivos de desagüe. Con independencia de lo anterior, deberán colocarse cajas de registro o buzones en todos los cambios de alineación de la tubería de drenaje

La distancia entre dos cajas o buzones consecutivos oscilará en general entre 80 m y 100 m. Y dependerá de la pendiente longitudinal del tubo de su capacidad de desagüe, de la disposición general del drenaje y de los elementos naturales existentes. En el caso de salida libre de la tubería de desagüe de la caja de registro o el buzón a una cuneta, etc. Se cuidará que el nivel de la salida quede lo suficientemente alto y con las protecciones necesarias para impedir su aterramiento, inundación, entrada de animales, etc. (FIGURA 2.5) Y (FIGURA 2.6)



*Figura Nº 2.5: Muestra la caja de registro y sus dimensiones  
(manual para el diseño de carreteras, caja de registro, 2014).*



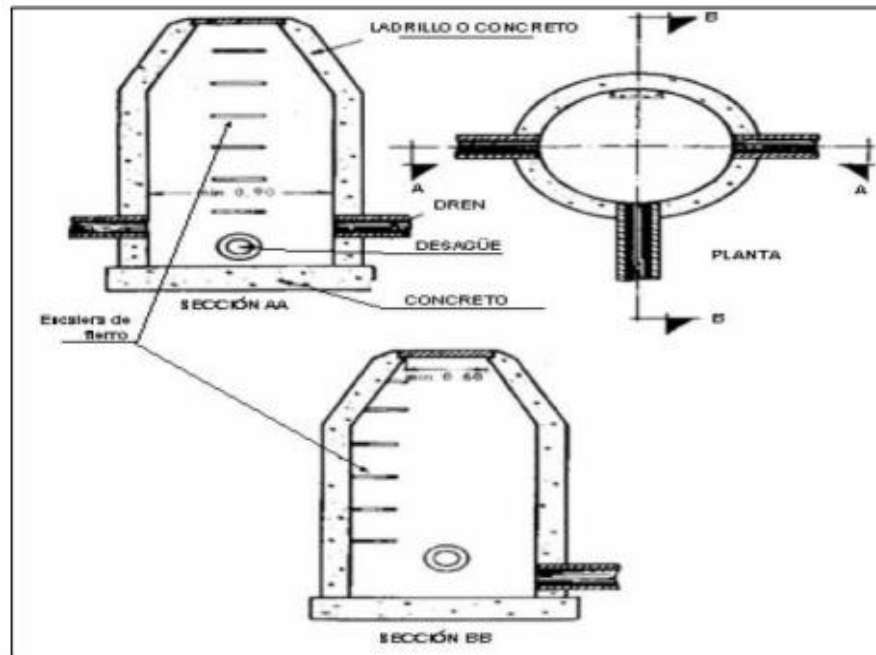


Figura Nº 2.6: Se observa un buzón y las partes que lo constituyen<sup>6</sup>  
(Manual para el diseño de carreteras, 2014).

### 2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **GW.** Gravas bien graduadas mezcla, grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares.
- **GP.** Gravas mal granuladas, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino.
- **GM.** Gravas limosas mezclas de grava arena limosa.
- **GC.** Gravas arcillosas mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino.
- **SP.** Arenas mal graduadas con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios.
- **SM.** Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo.
- **SC.** Arenas arcillosas, mezcla de arena-arcillosa.

<sup>6</sup> Manual para el diseño de carreteras, 2014

- **ML.** Limos orgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosa o limos arcillosos con ligera plasticidad.
- **CL.** Limo orgánicos de plasticidad baja o mediano, arcillas gravas, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas magras
- **AASHTO:** American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte
- **ASTM:** American Society for Testing and Materials o Sociedad Americana para Ensayos y Materiales
- **ACI:** American Concrete Institute o Instituto Americano del Concreto
- **NTP:** Normas Técnicas Peruanas
- **IP:** Índice Plástico
- **LL:** Limite Líquido
- **LP:** Limite Plástico
- **CBR:** California Bering Ratio (valor de la relación de soporte).
- **HUMEDAD:** Porcentaje de agua en suelo o material.
- **RELACIONES HUMEDAD/DENSIDAD (Proctor):** Humedad vs. P.U. de suelos compactados.
- **PAVIMENTO.** Conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados.
- **BERMA.** Fajas comprendidas entre los bordes de la calzada y las cunetas.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Manual de Ensayo de materiales – edición 2016

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

El uso de un sistema de sub drenes longitudinales y transversales (sub drenes tipo francés) entre el km 8+500 al km 9+500. logrará proteger el paquete estructural de la carretera del alto chira de suelos saturados por filtraciones de agua provenientes de los diferentes cultivos y quebradas naturales característicos del valle.

## **CAPÍTULO 3: MARCO METODOLOGICO**

### **3.1. ENFOQUE**

El estudio se desarrolló con un enfoque cuantitativo experimental

Cuantitativo: se ha recolectado el estudio definitivo del proyecto, para realizar el diseño de subdrenaje. Para lograr una transitabilidad y vida útil de la carretera que une los distritos de Sullana, Lancones y Bellavista.

Experimental: Se ha utilizado sistema de subdrenaje convencional (dren francés), donde emplearemos expresiones matemáticas que se basan en ecuaciones para determinar dimensiones respectivas acerca del subdrenaje.

#### **3.1.1. DISEÑO**

El proyecto de investigación consta de las siguientes etapas:

Etapas de preliminar de gabinete: se analizó la información de la zona existente del tramo perjudicado, como el estudio geotécnico, el estudio de topografía e información del paquete estructural diseñado.

Etapas de campo: se ha desarrollado una inspección detallada del tramo a mejorar, realizando un levantamiento topográfico para las posibles obras de arte, así como definidas por el proyecto a ejecutar.

Etapas finales de gabinete: estudio, planteamiento y diseño definitivo del mejoramiento de capacidad de soporte del suelo.

### **3.2. SUJETOS DE LA INVESTIGACIÓN**

La población afectada en la carretera vecinal del alto chira que une los distritos de Sullana, Bellavista y Lancones, tiene una longitud de 31.315Km. En el desarrollo de su longitud une 14 centros poblados: Nueva esperanza, El Cucho, Montenegro, Huangalá, San Vicente de Piedra Rodada, Santa Rosa de Piedra Rodada, Chalacala Baja, El Porton, Chalacalá Alta, Marán, Somate Bajo, Riecito, Chilaco Sur y Chilaco Pelados, que todos ellos constituyen importantes centros de producción netamente agrícola

Localidad	Población actual
Sullana	176804
Bellavista	38071
Lancones	13113
Total de población	227,988

Tabla N° 3.1: *Fuente:* población 2000 al 2015 INEI<sup>8</sup>

### 3.3. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El subdrenaje es indispensable cuando al efectuar los cortes en los taludes o en la terracería brota agua. Por lo tanto, hay necesidad de proyectar un drenaje parecido al superficial estableciendo conductos para que el agua escurra y salga o para que se abata el nivel subterráneo.

Se acostumbra clasificar a los sistemas de drenaje subsuperficial en tres categorías generales<sup>9</sup>:

#### 3.3.1 Capa Permeable.

#### 3.3.2 Drenes Longitudinales.

#### 3.3.3 Drenes Transversales.

##### 3.3.1. Capa Permeable

La capa permeable se coloca bajo a superficie pavimentada, constituida por un material filtrante de manera que, con ayuda de una pendiente transversal adecuada y unas correctas instalaciones de salida, pueda drenar el agua:

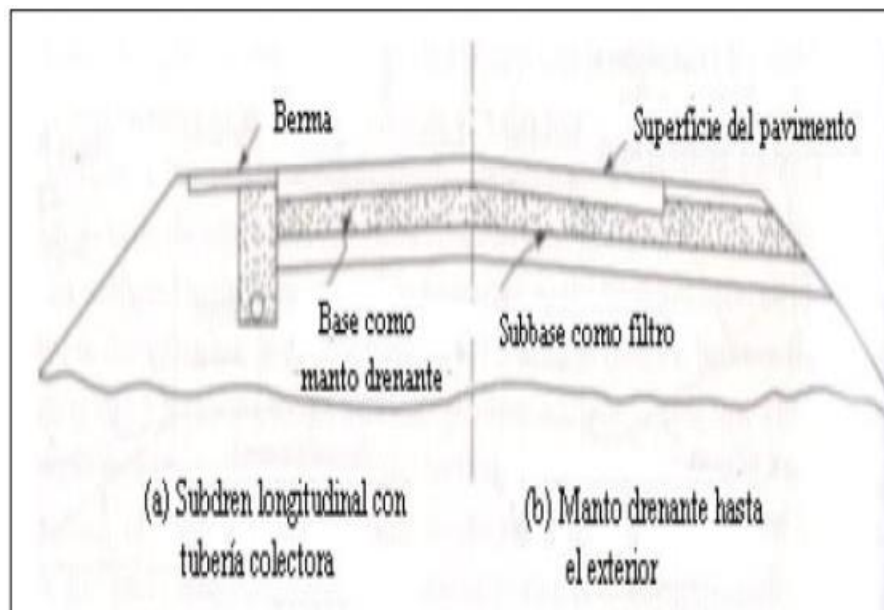
- Que se infiltre desde la superficie.
- Que provengan de las bermas.
- Que ascienda por supresión desde los niveles inferiores.

---

<sup>8</sup> <http://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/>

<sup>9</sup> Drenaje y subdrenaje en Carreteras – Instituto Politécnico Nacional

Esta capa, que puede ser granular o tratada con ligantes hidrocarbonados o con cemento, se puede integrar a la estructura del pavimento. (FIGURA 3.1)



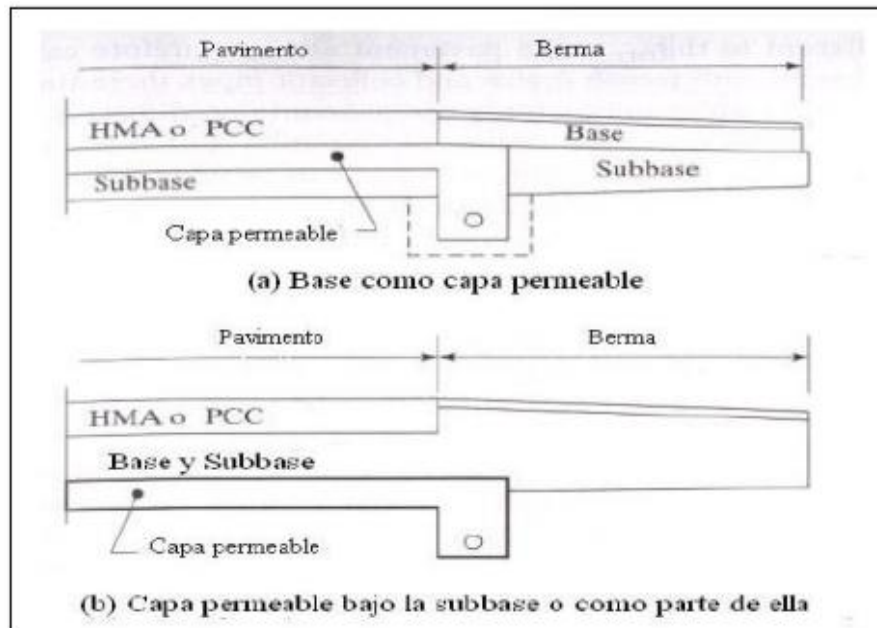
*Figura N° 3.1: Se muestra la capa permeable*

*(Manual para el diseño de carreteras pavimentadas, Subrenes longitudinales, 2014).*

El manto drenante puede ocurrir contra un sub dren longitudinal, contra el talud lateral hacia el exterior (no es recomendable, porque se pueden provocar contaminaciones en el talud durante las operaciones de construcción y mantenimiento).

La capa permeable puede ser:

- La base, la cual pudiera cumplir a la vez funciones drenantes y estructurales. Se emplea para drenar el agua proveniente de la superficie y se aplica preferentemente en la construcción de pavimento rígido.
- Una capa adicional sobre la subrasante, sin función estructural o como parte de la subbase, para el control de agua ascendiente por supresión. Si se desea que en este caso la capa ayude a drenar el agua que se infiltre desde la superficie, la permeabilidad de las capas superiores debe ser mayor que la tasa de infiltración para que el agua pueda fluir. (FIGURA 3.2)



*Figura N° 3.2: Se muestra la base como capa permeable y capa permeable bajo la sub base o como parte de ella.*

*(Manuel para el diseño carreteras pavimentadas, sub drenes longitudinales, 2014)*

### **3.3.2. SUB DRENES LONGITUDINALES**

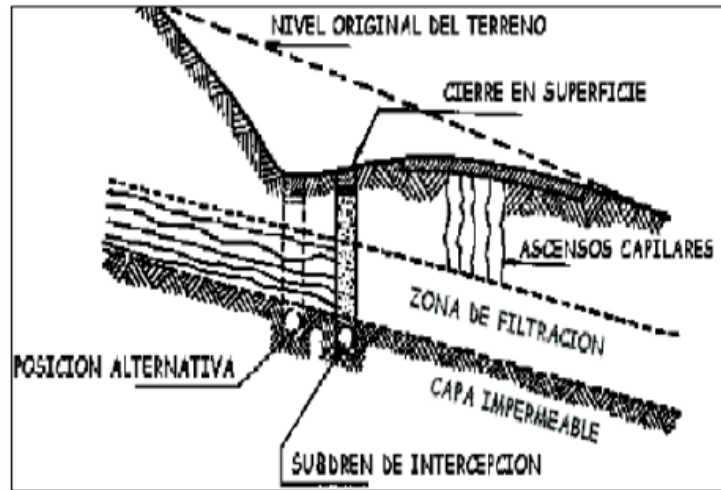
Son zanjas paralelas a la dirección de la vía, en la cual se colocan materiales permeables (agregados pétreos, geotextiles, geo drenes) y, eventualmente, una tubería. (Figura 3.3)



*Figura N° 3.3: Se muestra cómo se construye un sub dren longitudinal.*

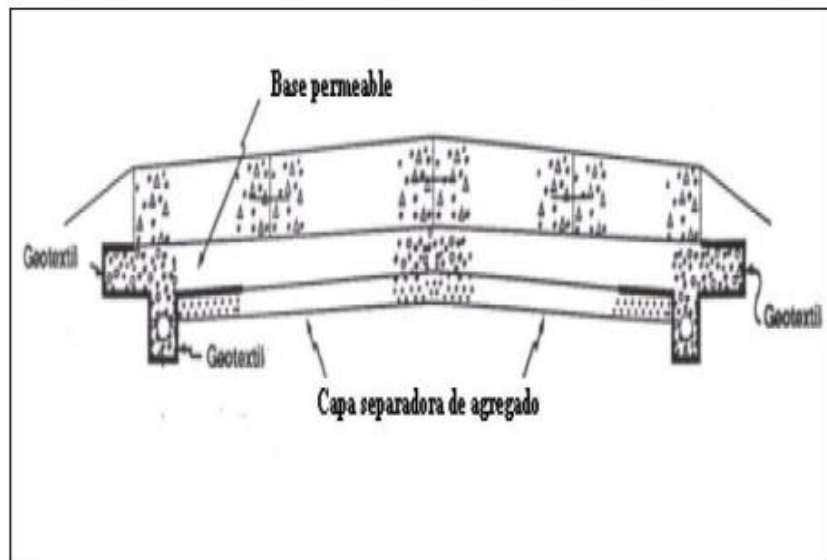
Los subdrenes longitudinales se emplean para:

1. Cortar el agua subterránea, impidiendo que alcancen las inmediaciones del pavimento. (Figura 3.4)



*Figura Nº 3.4: muestra la disposición general que den tener los drenes subterráneos (Manual para el diseño de carreteras pavimentadas, subdrenes longitudinales, 2014).*

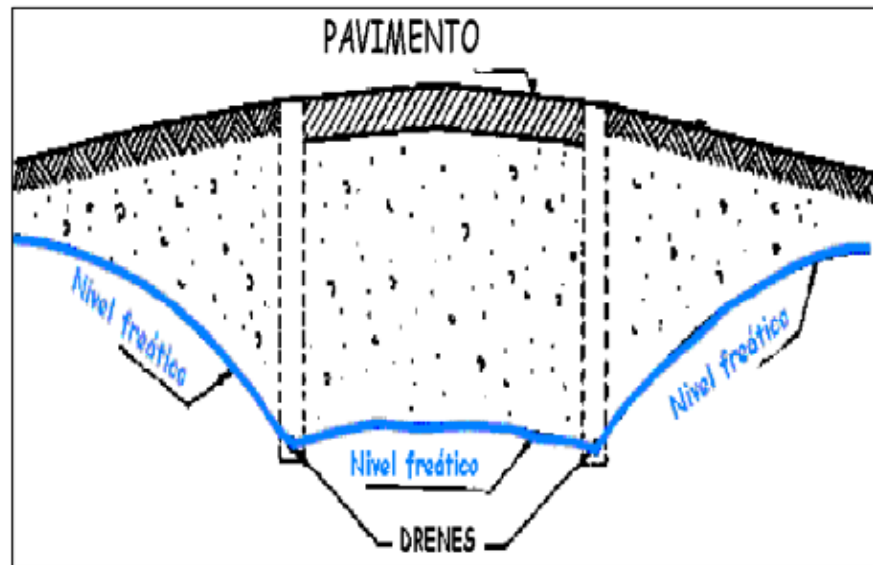
2. Encauzar el agua que ingrese al pavimento por filtraciones a través de su superficie. (Figura 3.5)



*Figura Nº 3.5: Muestra el encauce del agua por filtración en el pavimento (Manual para el diseño de carreteras pavimentadas, subdrenes longitudinales, 2014)*



3. Rebajar el nivel freático, manteniéndolo a una profundidad conveniente del nivel superior de la explanación (Figura 3.6)



*Figura Nº 3.6: Se observa el nivel freático en un pavimento*

*(Manual para el diseño de carretera pavimentadas, dren subterráneo, 2014)*

#### **Características de los Sub drenes Longitudinales.**

- Deben tener la capacidad hidráulica suficiente para conducir toda el agua que reciba.
- Si están unidos con una base permeable, su material de relleno debe ser el mismo de la base para asegurar su capacidad. Además, debe llevar una tubería.
- Cuando el subdren va unido a una base permeable, puede estar constituido por un geodren o ser del tipo francés envuelto en geotextil.
- El geotextil usado para el subdren no debe atravesar una base permeable, cuanto formaría una barrera al flujo de agua.

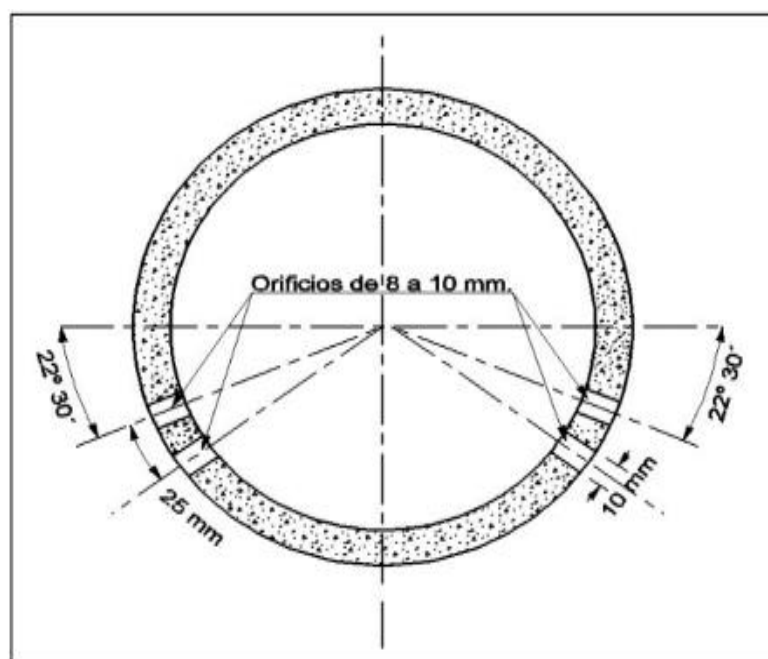
##### **3.3.2.1.TUBERÍA DE LOS SUB DRENES LONGITUDINALES**

- Puede ser de concreto, arcilla, metal, fibra bituminosa o plástico.
- Los tubos de concreto y arcilla se podrán proyectar con juntas abiertas o perforaciones que permitan la entrada del agua en su interior.
- Los tubos de hormigón poroso permiten la entrada del agua a través de sus paredes.

- Los tubos de plástico, metal y fibra bituminosa tienen orificios circulares o ranuras para el mismo fin.
- Los orificios circulares o ranuras de la tubería perforadas se disponen de preferencia a la mitad inferior de los tubos.

Se deben cumplir los siguientes requisitos para evitar que se introduzca el material granular del subdren dentro de los tubos perforados. (Figura 3.7), se indica la disposición que deben satisfacer los orificios de tuberías perforadas en la mitad inferior de la superficie del tubo (Consideraciones sobre el drenaje de los pavimentos, disposición de orificios en una tubería perforada, 2014).

En los Estados Unidos los subdrenes horizontales generalmente se construyen con tubería PVC de calibre 80 de acuerdo con la norma ASTM D 1785. La tubería es de 1.5 pulgadas de diámetro interno y 1.9 pulgadas de diámetro externo, con uniones soldadas con solventes de 10 o 20 pies de longitud. (Figura 3.7)



*Figura N° 3.7: Orificios de tuberías perforadas en la mitad inferior de la superficie del tubo (consideraciones sobre el drenaje de los pavimentos, disposición de orificios en una tubería perforada, 2014).*

### 3.3.2.2.CONDICIONES MECÁNICAS

Los tubos cerámicos o de concreto, plásticos, aceros corrugados tendrán una resistencia mínima, medida en el ensayo de los tres puntos de carga, de 1000 kg. /m. (tabla 3.1) se muestra cuando los tubos hayan de instalarse en la vertical de las cargas de tráfico, se situarán, como mínimo, a las profundidades que señalan (Consideraciones sobre el drenaje en pavimentos, 2014).

Tabla Nº 3.2: Profundidades mínimas para la tubería de subdrenes longitudinales

Tipo de tubo	Profundidad mínima	
	$\phi = 15 \text{ cm}$	$\phi = 30 \text{ cm}$
Cerámica	50	90
Plástico	50	75
Concreto	50	75
Concreto armado		60
Acero corrugado: Espesor 1.37 mm Espesor 1.58 mm	30	30

Fuente: (consideraciones sobre el drenaje en pavimentos, 2014).

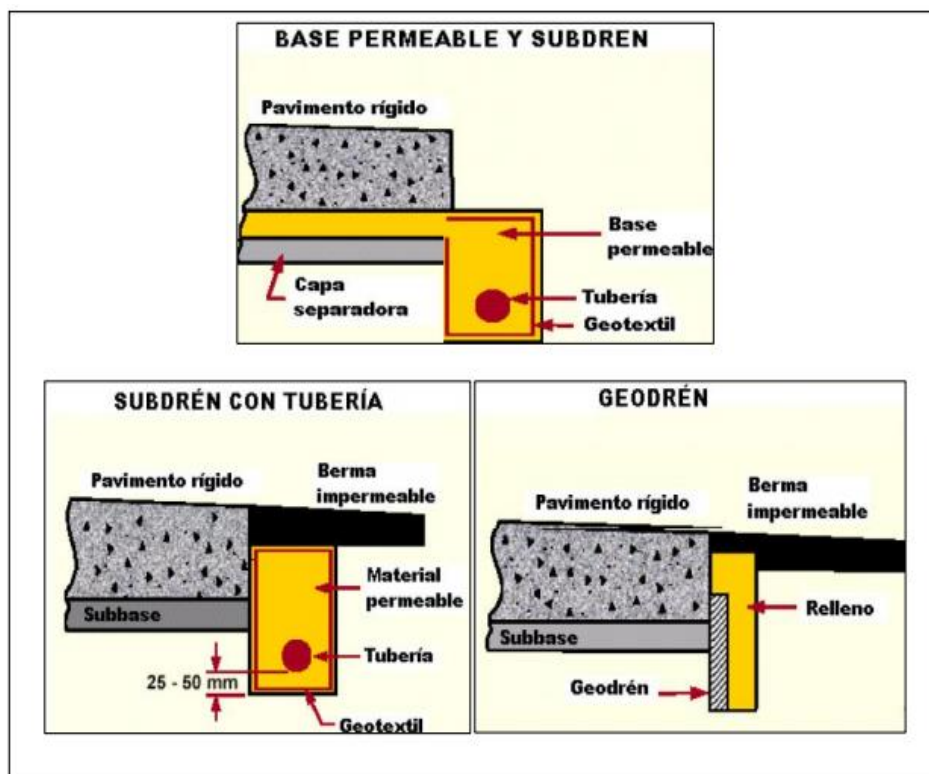


Figura Nº 3.8: Se observa la tubería longitudinal (Manual para el diseño de carreteras, 2014).

### **3.3.2.3.DISEÑO HIDRÁULICO DEL SUBDRÉN LONGITUDINAL**

#### **- DETERMINACIÓN DEL FLUJO DESCARGA**

El subdren debe de ser diseñado de manera que la tasa del flujo de salida sea mayor que la de entrada y que el agua puede ser llevada con seguridad de las fuentes hasta los sitios de descarga

Existen tres aproximaciones para el cálculo del flujo de descarga del sistema de subdrenaje.

1. Tasa de descarga de la infiltración del pavimento.
2. Tasa de descarga de la base permeable.
3. Tasa de descarga del tiempo para drenar.

#### **• MÉTODO DE VELOCIDAD DE DESCARGA DEL TIEMPO PARA DRENAR.**

$$Q_p = (W L H N_e U) (1/T_d) * 24$$

Donde:

$Q_p$ = Caudal de diseño por el conducto (pie<sup>3</sup>/día)

$W$ = Ancho de la base permeable (pies).

$L$ = Esparcimiento entre tubos de descargas (pies)

$H$ = Espesor de la base (pies)

$N_e$ = Porosidad efectiva.

$U$ = Porcentaje drenado (expresado como decima)

$T_d$ = Tiempo de drenaje (horas).

#### **Capacidad de la tubería circular.**

Se puede determinar con la fórmula de Manning

$$Q = (53.01 D^{8/3} S^{1/2}) / n$$

Donde:

$Q$ = Capacidad de la tubería.

D= Diámetro de tubería

S= Pendiente longitudinal.

n= Coeficiente de Rugosidad Manning

n= 0.012 para tubería lisa.

n=0.024 para tubería corrugada.

### Capacidad de la Tubería Circulante

Si se asignan valores de diámetro de tubería y coeficiente de la rugosidad, la ecuación de Manning se puede simplificar. Tabla 1.2 presenta los valores de K para diferentes diámetros de tubería y coeficiente de rugosidad.

$$Q = KS^{1/2}$$

Tabla N° 3.3: Valores de K para diferentes diámetros de tubería y coeficiente de rugosidad <sup>10</sup>

Diametro de la tubería (pulgadas)	Coeficiente de rugosidad (n)	
	0.012	0.024
3	82699	41349
4	178102	89051
6	525105	262553

### Espaciamiento entre tubos de descarga (L).

- **Método de velocidad descarga de la infiltración en el pavimento.**

Es esta aproximación se iguala el caudal de diseño de este método con la ecuación de capacidad del conducto.

$$qiWl = KS^{1/2}$$

Despejando (L)

$$L = \frac{K S^{1/2}}{q i W}$$

---

<sup>10</sup> Fuente (consideraciones sobre el drenaje en pavimentos, 2014)

- **Método de la velocidad de descarga de la base permeable.**

en esta aproximación se iguala el caudal de diseño de este método con la ecuación de capacidad del conducto.

$$(W * L * H * Ne * U) \left( \frac{1}{t D} \right) * 24 = K S^{1/2}$$

Despejando: (L)

$$L = \frac{K^{1/2} t D}{24 * W * H * Ne * U}$$

#### **Determinación de la sección transversal del subdren.**

El ancho mínimo de la zanja (W) se puede determinar aplicando la ley de Darcy,

Suponiendo que el gradiente hidráulico es unitario ( $i=1$ ) y que el caudal de diseño del subdren (Q) es igual a la descarga de la base permeable (qd), lo que permite llegar a:

$$W = \frac{q d}{k}$$

#### **3.3.2.4.TUBERÍA DE DESCARGA**

- Su instalación es crítica en el sistema de drenaje de bases permeables.
- Puede ser metálica o rígida de PVC sin perforaciones y debe de ir adecuadamente conectada con la tubería del subdren, debiendo tener el mismo diámetro de esta.
- La FHWA recomienda construirle cabeza de salida y limitar la separación entre tuberías a 250 pies (76 metros)

Su salida a la zanja o cuneta lateral debe producirse por lo menos 15 centímetros por encima del flujo de diseño para 10 años. (Figura 3.9)

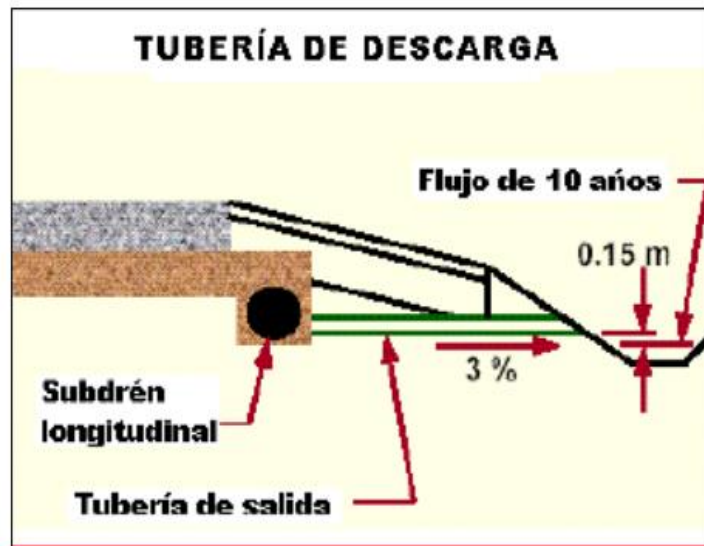


Figura N° 3.9: Esquema general de una tubería de descarga (Consideraciones sobre drenaje en pavimentos, 2014).



Figura N° 3.10: Cabezal de salida en una carretera. (consideraciones sobre el drenaje en pavimentos, 2014).

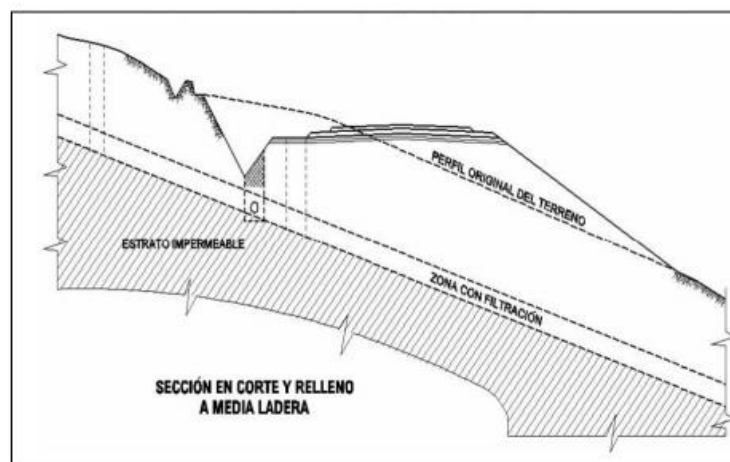


Figura N° 3.11: Drenes longitudinales en carreteras a media ladera y en trinchera, respectivamente (manual para el diseño de carreteras, 2014).

### 3.3.3. SUBDRÉN TRANSVERSAL

En carreteras de montaña, los drenes longitudinales pueden no ser suficientes para interceptar toda el agua de filtración.

En estos casos, deberá instalarse drenes interceptores transversales normales al eje de la carretera o un drenaje en espina de pez.

La distancia entre drenes interceptores transversales será, por término medio, de 20 m a 25m. (Figura 3.12)

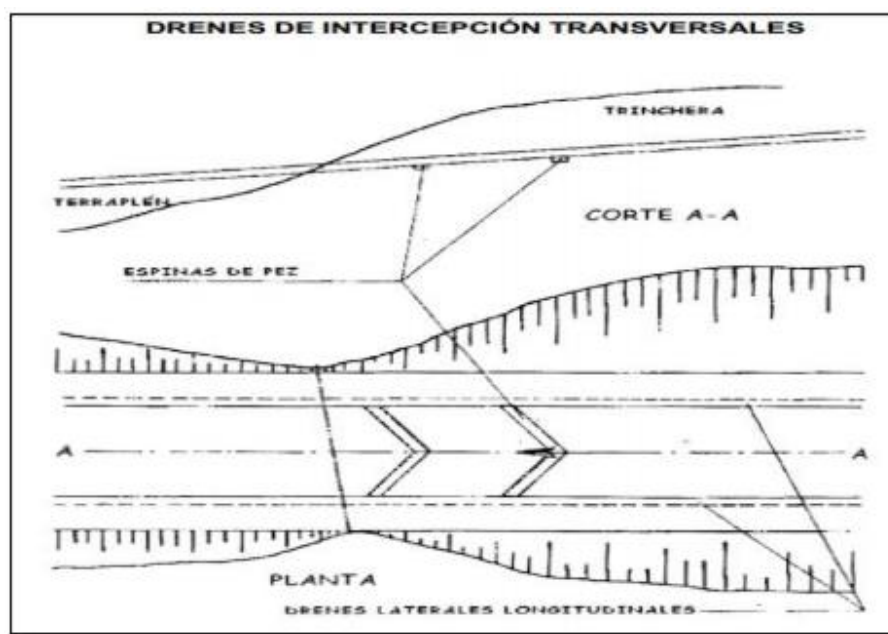


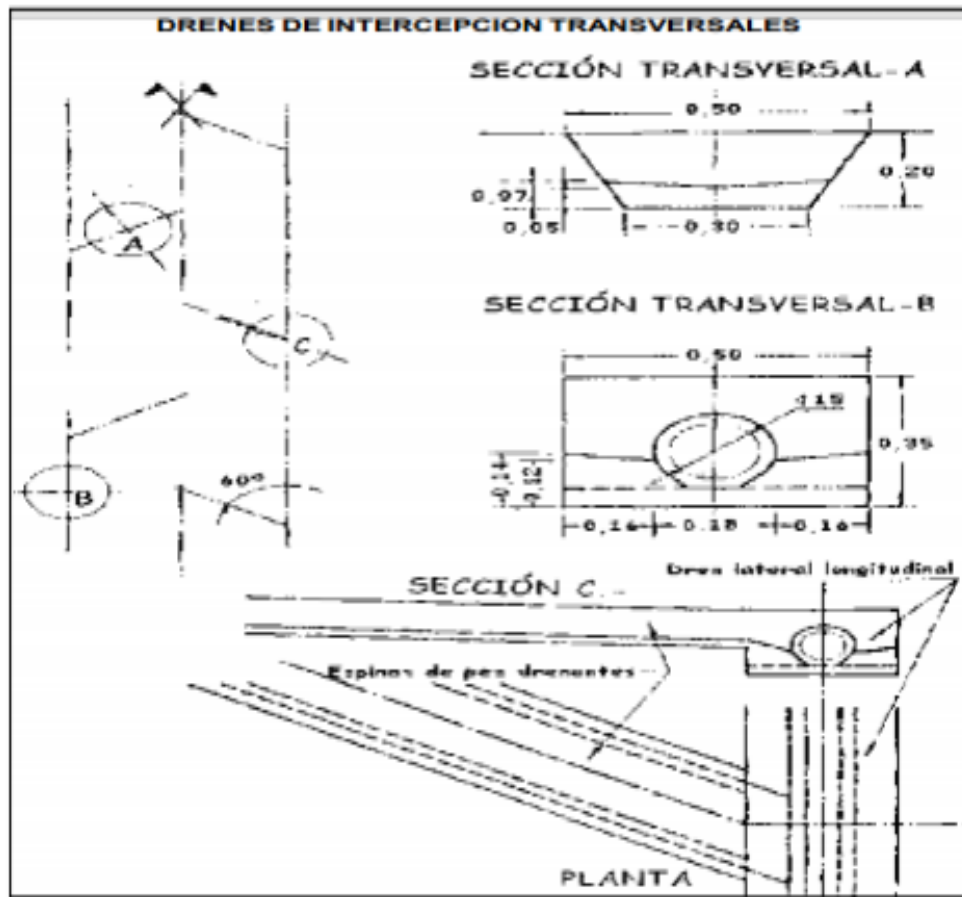
Figura Nº 3.12: El drenaje en espina interceptores de acuerdo con las siguientes condiciones:  
(manual para el diseño de carreteras, 2014).

- El eje de las espinas formara con el eje de la carretera un Angulo de  $60^\circ$
- Las espinas están constituidas por zanja situada bajo el nivel del plano superior de la explanada.
- Sus paredes serán inclinadas, con talud aproximado de  $\frac{1}{2}$ , para repartir, al máximo, el posible asiento diferencial.
- Las zanjas se rellenarán de material filtro.



- Las espinas llevarán una cuna de concreto de baja resistencia y arcilla unida al solado del dren longitudinal.
- Las espinas consecutivas se situarán a distancias variables que dependerán de la naturaleza del suelo que compone la explanada. dichas distancias estarán comprendidas entre 6m, para suelos muy arcillosos, y 28m para suelos arenosos.

Con independencia de la pendiente longitudinal de la carretera, se recomienda utilizar drenes en espina de pez al pasar de corte cerrado (trinchera) a terraplén, como protección de estas las aguas infiltradas procedentes de la trinchera (corte cerrado). (Figura 3.13)



*Figura Nº 3.13: Dren transversal en forma de espiga de pez  
(consideraciones sobre el drenaje en pavimentos, 2014)*

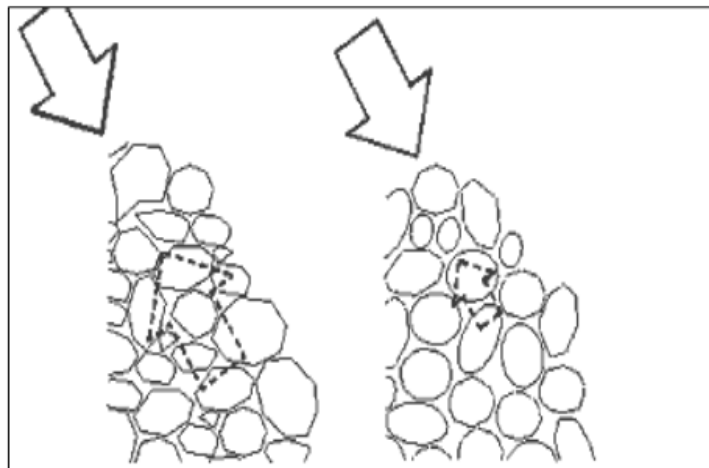
### 3.3.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS QUE INFLUYEN EN EL DRENAJE

Para el buen diseño del subdrenaje es necesario el tipo de suelo, sus propiedades y su comportamiento. Esto se consigue con una adecuada clasificación de suelo.

#### 3.3.4.1. RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN

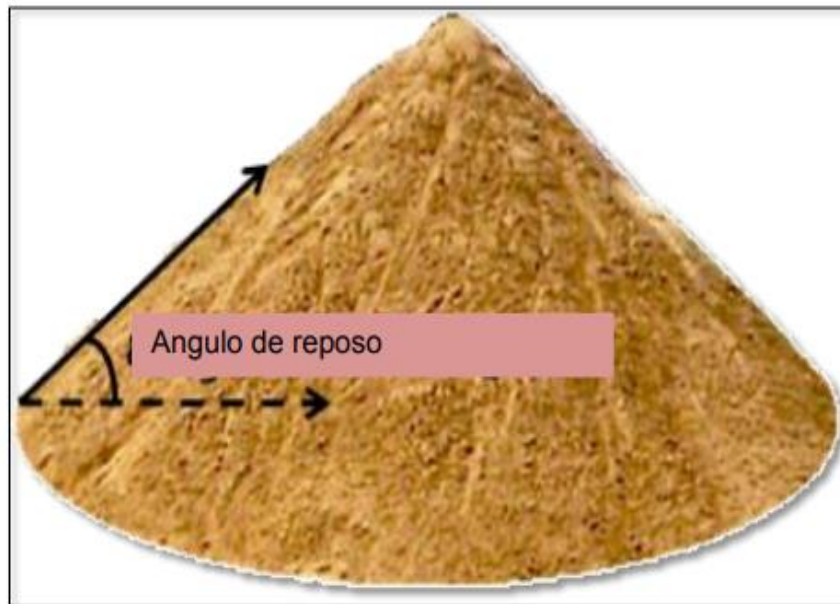
Es la oposición que presenta los suelos a la penetración y desplazamiento al ser sometido a cargas. Esta resistencia depende del esfuerzo cortante en el que influyen dos propiedades mecánicas: la cohesión y fricción interna.

La cohesión es la casualidad por la cual las partículas del terreno se mantienen unidas en virtud de fuerzas internas, que dependen, entre otras cosas del número de puntos de contacto que cada partícula tiene sus vecinas. (Figura 3.14)



*Figura N° 3.14: En consecuencia, la cohesión en suelos  
(estructura y cohesión del suelo, 2014)*

La fricción interna es la resistencia presentada por las partículas del suelo al deslizarse una sobre otras; se debe a la presencia de partículas de arenas gruesas y de partículas de rocas trituradas. Es importante en el verano, cuando la cohesión proporcionada por arcilla y por la humedad, decrece considerablemente. Por eso se requiere la presencia de partículas angulosas en materiales para carreteras. (Figura 3.15)



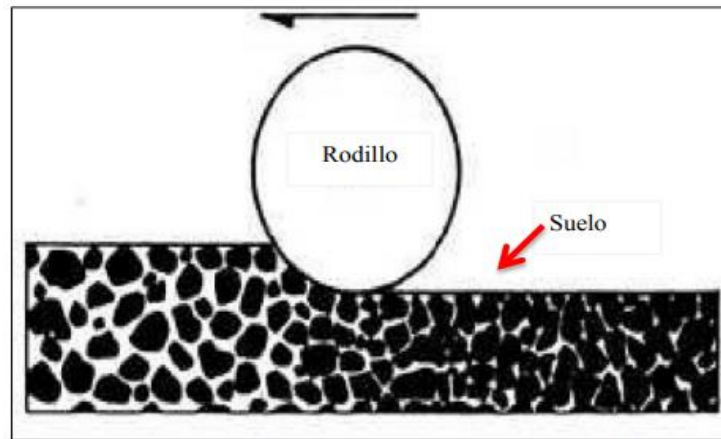
*Figura Nº 3.15: Muestra la fricción interna en suelos  
(Angulo de rozamiento interno, 2014)*

#### **3.3.4.2.COMPRESIBILIDAD**

La compresibilidad se refiere a la reducción de volumen de un suelo motivada por la aplicación de una presión exterior.

Todos los materiales experimentan deformaciones cuando se someten a condiciones de carga.

El análisis de deformaciones de suelos es bastante complejo ya que los esfuerzos que se inducen dentro de él es un problema sin solución exacta a la fecha; así mismo los parámetros de compresibilidad de los depósitos del suelo son difíciles de determinar o medir experimentalmente además de la no homogeneidad y anisotropía del medio, complica el análisis y cálculo de asentamiento. . (Figura 3.16)



*Figura Nº 3.16: Se muestra la compresibilidad en el suelo.*

*(Propiedades de los Materiales / Principios del movimiento de Tierras, Compresibilidad, 2014).*

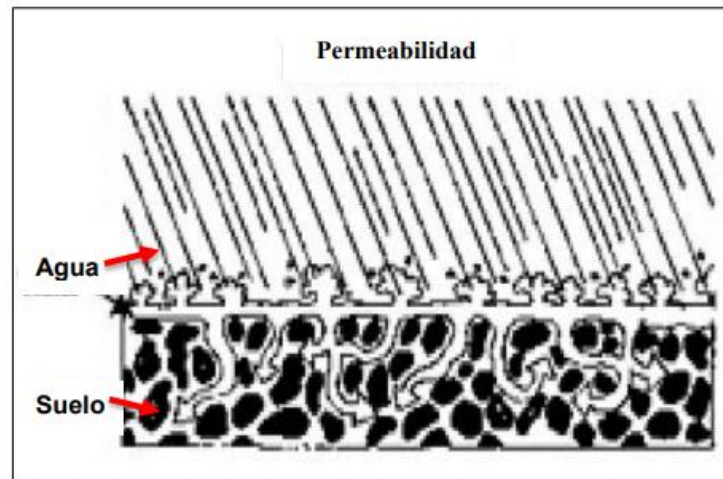
### **3.3.4.3.ELASTICIDAD**

La elasticidad de los suelos, puede definirse como la propiedad de volver a recuperar su posición original, cuando han sido comprimidos y se ha removido la carga que causa la deformación. Los suelos no son completamente elásticos, pudiendo variar apreciablemente esta propiedad según el suelo de que se trate.

### **3.3.4.4. PERMEABILIDAD**

La permeabilidad de un suelo se refiere su capacidad para permitir el paso de una corriente de agua a través de su masa.

Cuando el ingeniero geotecnia prevea que se presenta un flujo de agua dentro de la masa del suelo de su obra, es conveniente que garantice que el agua fluya bajo el régimen velocidades realmente pequeñas, de lo contrario se presentara el fenómeno conocido como régimen turbulento caracterizado por la generación de vórtices que se presentan por la fricción entre las moléculas del agua cuando estás rebasan cierta velocidad de desplazamiento; este comportamiento puede generar, entre otros riesgos, el arrastre de granos de suelo que tiene como consecuencia la formación de tubos dentro de la masa de suelo efecto conocido como tubificación. (Figura 3.17)



*Figura N° 3.17: Se puede mostrar la permeabilidad en el suelo  
(Propiedades de los Materiales / Principios del Movimiento de Tierras, permeabilidad, 2014)*

#### - PRUEBAS DE PERMEABILIDAD

En la medida de lo posible el coeficiente de permeabilidad es más conveniente determinarlo de una prueba directa que otras técnicas menos precisas, para ello se crearon básicamente 3 pruebas aplicables según el suelo de que se trate, las cuales son:

- a) Permeámetro de carga constante.
- b) Permeámetro de carga variable.
- c) Prueba in situ.

#### 3.3.4.5. CAPILARIDAD

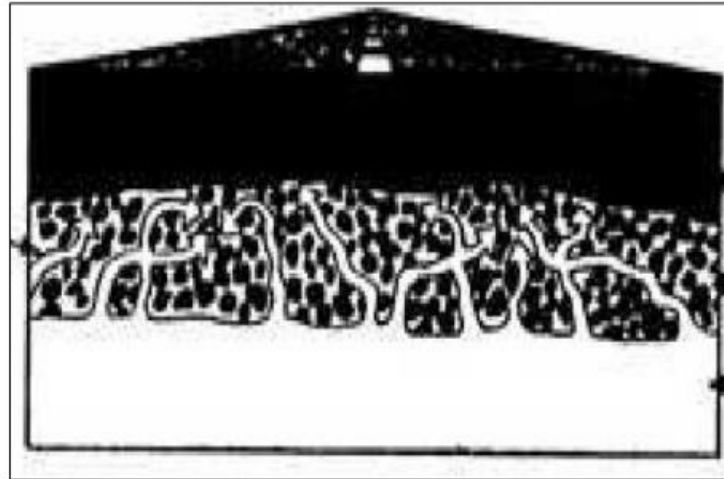
La capilaridad es la propiedad de los suelos de absorber agua por contacto con una fuente adyacente de este líquido y transmitirla en todas direcciones sin importar la intensidad y la dirección de la fuerza de gravedad. La fuerza que ocasiona este escurrimiento de agua, es la tensión superficial o atracción molecular de láminas delgadas de agua se definen como tensión capilar.

Si un suelo tiene una gran capilaridad, presenta una dificultad enorme para ser drenado y si se acumulan un exceso de agua, se producirán cambios volumétricos perjudiciales.

En general los suelos constituidos por material muy fino tienen una gran capilaridad y solo se comportarán satisfactoriamente, si pueden ser protegidos convenientemente contra grandes cantidades de humedad. En cuanto al comportamiento de

suelos, el grado de consolidación, es una propiedad que ejerce influencia importante en sus resistencias a las deformaciones y a la penetración del agua.

El peso volumétrico del material o su porcentaje de vacíos, dan idea del grado de consolidación. (Figura 3.18)



*Figura Nº 3.18: Se observa la capilaridad en los suelos*

*(Propiedades de los materiales / Principios del Movimiento de Tierras, capilaridad, 2014).*

La clasificación del suelo es básica para los fines del subdrenaje, pues el comportamiento es distinto si es suelo arcilloso, arenoso, mezcla de dos, si está constituido por grava o canto rodado, si es limo, o bien pantanoso.

Los suelos arcillosos son los malos y de difícil drenaje por que conservan y al mejorarse se hacen plásticos e inestables. En cambio, cuando estos suelos están mezclados con arena son excelentes.

Los suelos arenosos son inestables por su falta de cohesión y por lo tanto solo se pueden usar en terraplenes cuando se les protege y aísla de la corriente de agua

### **3.3.5. GEOTEXTILES**

Son como su nombre lo indica, textiles permeables sintéticos, en su gran mayoría resistentes a la tensión, al punzonamiento y con excelentes propiedades hidráulicas. Existen dos tipos de geotextiles: no tejidos y tejidos, cada uno especialmente fabricado con propiedades específicas que se ajustan a las diferentes de aplicaciones dentro de cada proyecto.

Los principales usos de los geotextiles tejidos son la conformación de estructuras en suelo reforzado, la separación y estabilización de subrasante en vías y cimentaciones; por su parte, los geotextiles no tejidos se utilizan en separación, drenaje y filtración, protección de geomembranas y repavimentación. (Figura 3.19)



*Figura Nº 3.19: Se muestra el uso de geotextil en carreteras  
(catálogo funciones aplicaciones de geotextiles, 2014)*

#### **3.3.5.1.USO DE GEOTEXTILES EN EL SUBDRENAJE**

El geotextil es un material permeable de estructura plana usado como parte integral de los suelos y cimentaciones en aplicaciones relacionadas o proyectos de ingeniería.

Los geotextiles se han convertido en las capas filtrantes más adecuadas porque superan las desventajas de los filtros de arena y los de agregados pétreos.

Para empezar, se fabrican ya con propiedades hidráulicas específicas y de retención de tierra, las cuales pueden seleccionarse fácilmente para complementar el suelo que necesite protección. Segundo, pueden instalarse con facilidad sobre taludes- aún bajo el agua. (Figura 3.20)



*Figura N° 3.20: Se observa la colocación de un sistema de subdrenaje tradicional  
(catálogo funciones aplicaciones geotextiles, 2014)*

### **3.3.5.2.POLÍMEROS PARA GEOTEXTILES**

La mayoría de los geotextiles disponibles y más comunes en el mercado se fabrican ya sea con poliéster o con polipropileno.

El polipropileno. Es más ligero que el agua (gravedad específica de 0.9), resistente y muy durable. Los filamentos de polipropileno y las fibras del mismo material se usan en la manufactura de fibras geotextiles tejidas y no tejidas.

Las fibras y tejidos de poliéster de alta resistencia también se usan en la manufactura de geotextiles. El poliéster es más pesado que el agua, tiene excelente resistencia y propiedades de deslizamiento, además es compatible con los materiales naturales más comunes.

### **3.3.5.3.ESTRUCTURAS DE GEOTEXTILES**

Hay dos tipos o estructuras principales de geotextiles: tejidos y no tejidos. Otra técnica manufactura, por ejemplo, la unión por medio de costuras, ocasionalmente se emplean en la fabricación de productos especiales.

#### **A.- NO TEJIDOS**

Los geotextiles no tejidos se fabrican ya sea con fibras cortas (generalmente de 1 a 4 pulgadas de longitud o con filamentos continuos distribuidos al azar en capas sobre una banda en movimiento para formar una especie de “panal”, el cual se pasa a través de un



telar de agujas y/o por otro tipo de máquina para entrelazar o unir las fibras / filamentos. Los geotextiles no tejidos son altamente recomendables para el drenaje de subsuelo y para el control de la erosión, así como para estabilización de caminos sobre suelos húmedos o saturados.

## **B.- TEJIDOS**

El tejido es un proceso de entrelazados de hilos para fabricar una tela. Los geotextiles tejidos se hacen tejiendo monofilamentos, multifilamentos o fibras de películas cortas. Las fibras de películas cortas posteriormente pueden subdividirse

En cintas planas y tejidos fibrilados (o tejidos como tela de araña). Hay dos pasos en este proceso de fabricación de un geotextil tejido: primero, la manufactura de los filamentos o el corte de la película para obtener tejidos; y segundo tejer los hilos para obtener el geotextil. Las telas de película para obtener tejidos; y segundo tejer los hilos para obtener el geotextil. Las telas de películas cortas se usan generalmente para control de sedimentos; por ejemplo, cortinas de retención, y para estabilizar caminos, pero es una alternativa poco recomendable para usarse en drenaje de subsuelo y en control de erosión. Aunque los tejidos de cinta plana de películas cortas son bastante resistentes, forman una tela que tiene una permeabilidad relativamente baja (pobre)

Por otra parte, las telas hechas con cintas fibriladas tienen una menor permeabilidad y abertura más uniformes que los productos hechos con cintas planas.

### **3.3.5.4.VENTAJAS EN EL USO DE LOS GEOTEXTILES**

- Presentan una alternativa más económica comparada con métodos constructivos tradicionales.
- Son versátiles, flexibles, resistentes y se adaptan a las irregularidades de las superficies y condiciones donde se colocan.
- Son de fácil, rápido manejo, aplicación y no requieren equipo especializado.
- Tienen una amplia variedad de aplicaciones en la construcción y aumentan la vida útil de las instalaciones.

### **3.3.5.5. APLICACIONES DE GEOTEXTILES NO TEJIDOS EN CAMINOS**

Superficies pavimentadas:

- Entre el subsuelo y capas de estructura del pavimento de carreteras, estacionamientos y aeropuertos.
- Sobre superficies deterioradas de concreto hidráulico o carpetas asfálticas en colocación de sobre carpetas de asfalto.

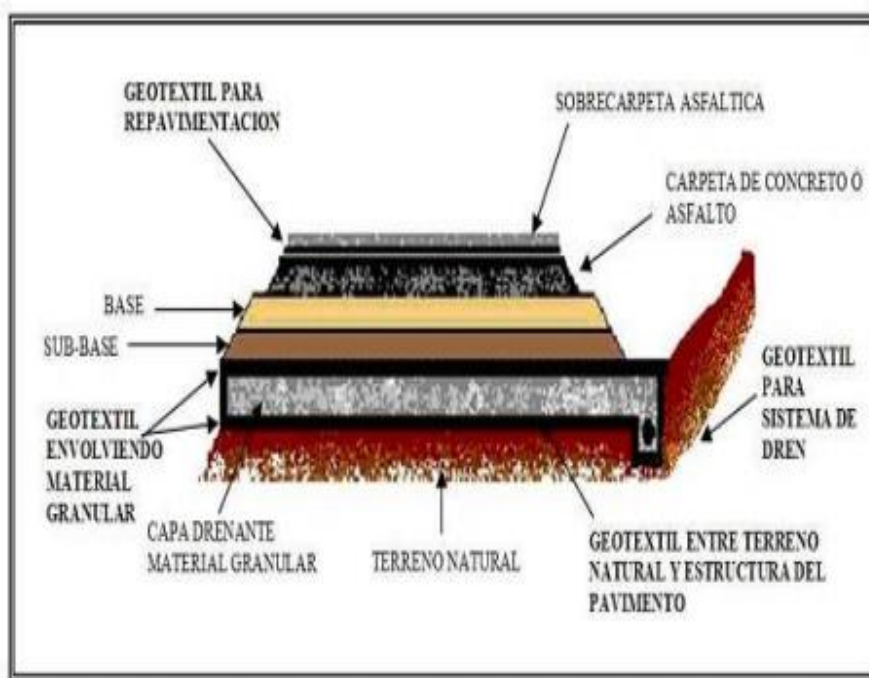
Superficies no Pavimentadas:

- Entre el subsuelo y base de caminos no pavimentados.

General:

- Filtro envolvente en sub drenes (dren ciego o dren francés) para eliminación de presencia de agua en las capas de caminos.
- Capa de rompimiento de capilaridad entre el terreno y capas de caminos para evitar humedecimiento de la estructura del pavimento.

Protección de socavación en puentes. (Figura 3.21) se muestra como se coloca el geotextil no tejido en caminos (uso de geotextiles en el drenaje subsuperficial o subdrenaje, aplicación de geotextiles no tejidos en caminos , 2014).

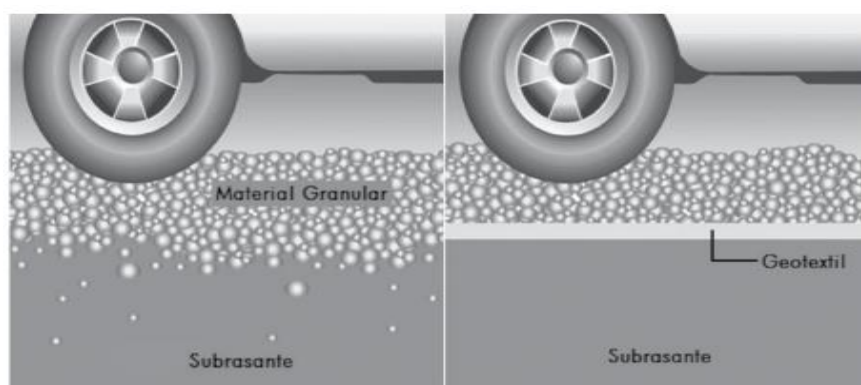


*Figura N° 3.21: Se muestra cómo se coloca el geotextil no tejido en caminos (uso de geotextiles en el drenaje subsuperficial o subdrenaje, aplicación de geotextiles no tejidos en caminos, 2014).*

### 3.3.5.6. APLICACIONES DE GEOTEXTILES NO TEJIDOS EN LOS SUELOS BASE DE CAMINOS

#### A.- SEPARACIÓN

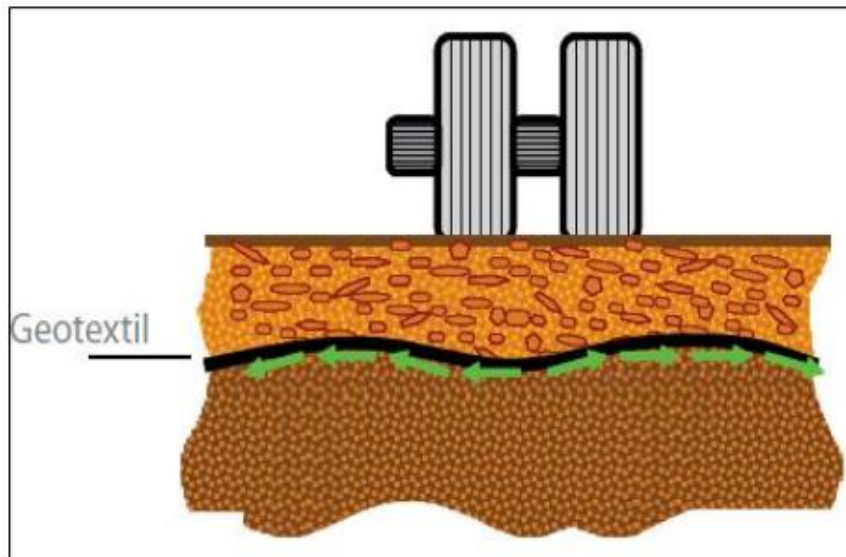
- Evita la migración indeseable de los finos del terreno hacia la base, y también evita la incrustación de los agregados de la base en la subrasante. Mantiene íntegra la base con lo cual se asegura su buen funcionamiento prologando la vida útil del camino. (Figura 3.22)



*Figura Nº 3.22: Se conserva como actúa un pavimento sin y con geotextil ante una carga (catálogo funciones aplicaciones de geotextiles, 2014).*

#### B.- REFUERZO (SUELOS BLANDOS)

- Los geotextiles proveen refuerzo por medio de posibles mecanismos como:
- Restricción al desplazamiento lateral y confinamiento del material de la base y subrasante a través de fricción y amarre entre el agregado, el suelo y el geotextil, proporcionando rigidez y distribuyendo mejor las cargas. Aumento en la capacidad portante del sistema al causar que la superficie de falla por capacidad carga se extienda más y se desarrolle en un plano mayor resistencia al cortante. (Figura 3.23)



*Figura N° 3.23: Se muestra cómo actúa de manera estructural y de confinamiento el geotextil en un suelo blando (Catálogo funciones aplicaciones de geotextil, 2014).*

### **C.- FILTRACIÓN**

- El geotextil previene que los finos migren hacia el agregado debido a las altas presiones de poro inducidas por las cargas dinámicas de las ruedas y al mismo tiempo permite el paso del agua para disipar presiones hidrostáticas.

#### **3.3.5.7. USO DE GEOTEXTILES NO TEJIDO PARA LA ESTABILIZACIÓN Y SEPARACIÓN DE CAMINOS SOBRE SUELOS BLANDOS**

- Separación y filtración de suelos.
- Refuerzo (V.R.S. <3%)
- Restricción desplazamiento lateral.
- Aumento capacidad portante, disminución de deformaciones.

### **A.- BENEFICIOS**

- Reducir la sustitución de suelos blandos que se consideran inadecuados para la construcción de un camino.
- Reducir el espesor y mantener la integridad de la base necesaria para el camino.
- Reducir el asentamiento diferencial del camino, lo cual permite mantener la integridad, uniformidad y servicio del pavimento.
- Prolongar el costo de mantenimiento y prolongar la vida útil del pavimento.

### **B.- USO DE GEOTEXTILES NO TEJIDO PARA LA ESTABILIZACIÓN Y SEPARACIÓN DE CAMINOS**



*Figura Nº 3.24: Geotextil no tejido para estabilización y separación de caminos (uso de geotextiles en el drenaje subsuperficial o subdrenaje, separación de camino, 2014).*

#### **3.3.5.8. PASOS DE DISEÑO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS Y PAVIMENTADOS USANDO GEOTEXTIL**

- Determinar la capacidad de carga del suelo.
- Estimar la intensidad de tránsito y cargas por rueda esperadas en la vida útil del camino.

- Establecer profundidad de deformación aceptable para diseño de caminos no pavimentados.
- Diseñar espesor de pavimento. Para método AASHTO aplicar factor apropiado para tipo y calidad de capas de pavimento y factor de contribución del geotextil.
- Checar criterio d filtración del geotextil.
- Determinar requerimientos de sobrevivencia del geotextil: o tabla de valores mínimos establecidos AASHTO M288.
- Especificar lineamientos y requerimientos de construcción.

#### **3.3.5.9. LINEAMIENTOS DE INSTALACIONES DEL GEOTEXTIL NO TEJIDO**

- Aplicar el Geotextil no tejido sobre superficies lisas, libres de objetos que puedan dañar al geotextil.
- El geotextil puede desenrollarse a mano o utilizando algún equipo adaptado para esta función, evitando en lo posible las arrugas.
- La unión o traslape no debe ser menos de 30cms. O la indicada por especificaciones de diseño, también pueden usar uniones cosidas o grapadas.
- El geotextil no se puede fijar al suelo por medio de anclas o broches, o piedras lisas.
- El material no debe ser pisado directamente por equipos de construcción. Debe existir una capa 20 ó 30 cm. De relleno para proteger el material de estos equipos y proporcionar confinamiento.
- Es recomendable no tener expuesto el material geotextil al sol por más de quince días. (Figura 3.25) se muestra paso a paso los lineamientos de instalación de un geotextil no tejido (uso de geotextiles en el drenaje

subsuperficial o subdrenaje, lineamiento de instalación de geotextil no tejido, 2014).

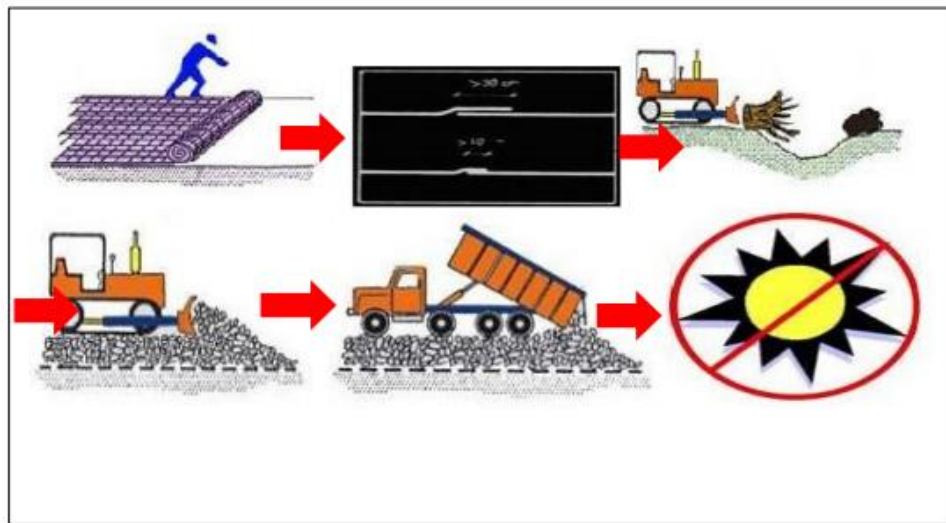


Figura Nº 3.25: Se muestra paso a paso los lineamientos de instalación de un geotextil no tejido (uso de geotextiles en el drenaje subsuperficial o subdrenaje, lineamiento de instalación de geotextil no tejido, 2014).

### 3.3.5.10. GEOTEXTIL NO TEJIDO USADO EN CARPETAS ASFÁLTICAS.

Los geotextiles no tejidos pueden aplicarse sobre pavimentos deteriorados de concreto asfáltico o hidráulico en colocación sobre la carpeta asfáltica.

#### A.- FUNCIONES DEL GEOTEXTIL

**Impermeabilización:** al ser impregnado con asfalto forma impermeable que protege de la humedad a la estructura del pavimento subyacente evitando así el ablandamiento de la base portante y posterior degradación del pavimento.

**Capas Disipadoras de Esfuerzos:** con las que se retarda la reflexión de grietas existentes en el pavimento deteriorado hacia la sobre carpeta.

#### B.- VENTAJAS

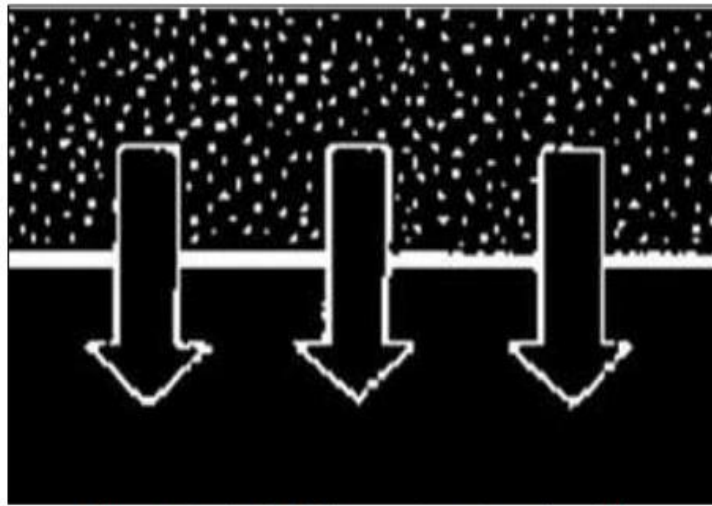
- Aumenta la vida útil del pavimento.
- Disminuye los costos de mantenimiento.

- Incrementa el tiempo con condiciones satisfactorias de servicio de pavimento.

### 3.3.5.11. FILTRACIÓN

El funcionamiento equilibrado del sistema geotextil – suelo que permite el flujo del líquido a través geotextil y que a la vez retenga las partículas de grano fino del suelo de acuerdo a los requerimientos del diseño. Figura (3.26) se muestra la situación de filtros por los geotextiles no tejidos (Uso de geotextiles en el drenaje subsuperficial o subdrenaje, filtración, 2014).

Y en la figura (3.27) se muestra la conformación del sistema convencional de filtros de agregado y sistema con filtro geotextil (uso de geotextiles en el drenaje subsuperficial o subsuperficial o subdrenaje, separación de camino, 2014).



*Figura Nº 3.26: Se muestra la situación de filtros por los geotextiles no tejidos (Uso de geotextiles en el drenaje subsuperficial o subdrenaje, filtración, 2014)*



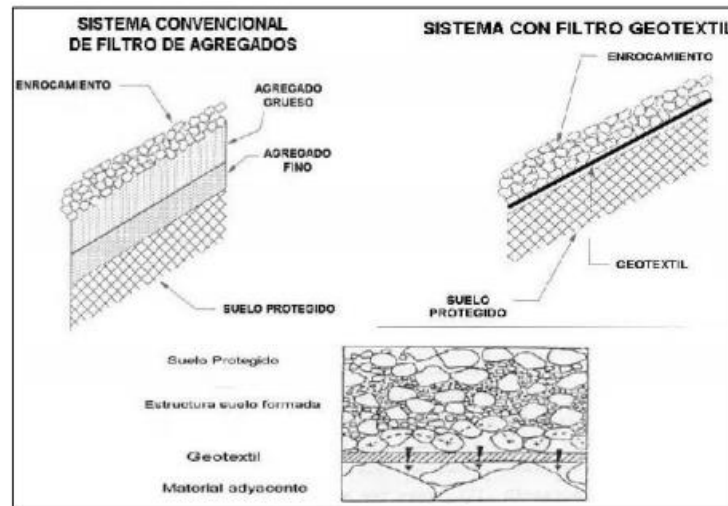


Figura N° 3.27: Se muestra la conformación del sistema convencional de filtros de agregado y sistema con filtro geotextil (uso de geotextiles en el drenaje subsuperficial o subsuperficial o subdrenaje, separación de camino, 2014).

#### A. FACTORES A CONSIDERAR PARA APLICACIONES DE FILTRACIONES

- Definir tipo de obra, identificar si la naturaleza del proyecto es crítica o severa.
- Analizar condiciones de flujo. Determinar propiedades del suelo con el que se interactúa.
- Aplicar criterio de diseño adecuado para la filtración: retención, taponamiento y permeabilidad.
- Considerar para condiciones extremas llevar a cabo pruebas que simulen condiciones reales de filtración.
- Resistencia adecuada la sobrevivencia al procedimiento de construcción (tabla AASHTO M288).
- Definir procedimiento de construcción apropiado.

## **B. EJEMPLOS DE USOS DE FILTROS GEOTEXTILES NO TEJIDOS EN CAMINOS.**



*Figura Nº 3.28: Filtros geotextiles (uso de geotextiles en el drenaje subsuperficial o subdrenaje, ejemplo de usos de filtros geotextiles no tejidos en caminos, 2014).*

### **3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS**

#### **3.4.1. CRITERIO DE DISEÑO**

##### **3.4.1.1. CAUDAL DE DISEÑO**

Se debe considerar en primer lugar la distancia de inicio y descarga de los subdrenes, dado que, a mayor distancia de recorrido, su capacidad de transporte deberá incrementarse debido al aporte de caudales a lo largo de su recorrido.

Los posibles caudales de aporte, que conforman el caudal total, los cuales pueden afectar la estructura del pavimento son:

El generado por la infiltración de las aguas provenientes de precipitaciones pluviales y de sectores con régimen de riego permanente que discurren sobre el talud superior adyacente a la carretera.

- El caudal generado por la infiltración de las aguas provenientes de precipitaciones pluviales y de sectores con régimen de riego permanente que discurren sobre el talud superior adyacente a la carretera.

- El caudal generado por el abatimiento del nivel de agua subterránea, en lugares donde el nivel freático alcance una altura tal, que supere el nivel de subrasante afectando la estructura del pavimento.

#### **Caudal por Abatimiento del Nivel Freático**

$$q_{NF} = K * i * Ae$$

$$I = (Nd - Nf) / B$$

$$Ae = (Nd - Nf) * L$$

#### **Donde:**

K : Coeficiente de permeabilidad del suelo adyacente.

I : Gradiente hidráulico.

Nd : Cota inferior del subdrén

Nf : Cota superior del nivel freático.

Ae : Área efectiva para el caso del abatimiento del nivel freático

B : Para subdrenes longitudinales es el semiancho de la vía y para subdrenes transversales se refiere a la distancia entre subdrenes.

L : Longitud del tramo de drenaje.

$q_{NF}$  : Caudal por abatimiento del nivel freático.

#### **3.4.1.2. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE GEOTEXTIL FILTRANTE**

El filtro evita una excesiva migración de partículas de suelo y simultáneamente permite el paso del agua, lo anterior implica que el geotextil debe tener una abertura aparente máxima adecuada para retener el suelo, cumpliendo simultáneamente con un valor mínimo admisible de permeabilidad que permita el paso del flujo de una manera eficiente.

Para llegar a la selección del geotextil no solo hay que tener en cuenta lo anterior, sino, además, la resistencia a la colmatación, supervivencia y durabilidad, todos los criterios se explican brevemente a continuación:

## A. CRITERIO DE RETENCIÓN

De acuerdo con lo establecido en “Geotextiles Engineering Manual” de la Federal Highway Administration (FHWA) y basados en el criterio de retención de Chistopher y Holz (1989), Carroll (1983), un geotextil debe cumplir con la siguiente condición:

$$TAA < D_{85} * B$$

### Donde:

TAA : Tamaño de abertura, dato suministrado por el fabricante.

Corresponde a la abertura de los espacios libres (en milímetros).

$D_{85}$  : Tamaño de partículas (en milímetros). Cuando al tamizar un suelo pasa el 85% de este. Este dato se obtiene de la curva granulométrica del suelo en consideración.

B : Coeficiente que varía entre 1 y 3. Depende del tipo de suelo a drenar, de las condiciones de flujo y del tipo de geotextil.

Para arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (con menos de 50% que pasa el tamiz N° 200) B es función del coeficiente de uniformidad  $C_u$ , de la siguiente manera.

$$\begin{aligned} C_u \leq 2 \text{ o } \geq 8 : \text{ Usar } B &= 1 \\ 2 \leq C_u \leq 4 : \text{ Usar } B &= 0.5 * C_u \\ 4 < C_u < 8 : \text{ Usar } B &= 8/C_u \\ \text{Donde } C_u &= D_{60}/D_{10} \end{aligned}$$

En suelos arenosos mal graduados usar B entre 1.5 y 2.

Para suelos finos, (más de 50% pasa el tamiz N° 200) B es función del tipo de geotextil.

Para geotextiles no tejidos punzonados por agujas use B = 3.

La AASHTO Task Force No 25 (1986), recomienda que los geotextiles mínimos deben cumplir.

$$TAA < 0.3\text{mm}$$

## **B. CRITERIO DE PERMEABILIDAD**

El coeficiente de permeabilidad es la propiedad hidráulica por medio de la cual, el geotextil permite un adecuado paso de flujo perpendicular al plano del mismo; para revisar la permeabilidad del geotextil se debe tener en cuenta lo siguiente:

Para condiciones de flujo crítico, altos gradientes hidráulicos y buscando un correcto desempeño a largo plazo reduciendo riesgos de colmatación se recomienda usar el criterio de Carroll (1983); Chistopher y Holtz (1985):

$$kg \geq 10 * ks$$

**Para aplicaciones no críticas:**

$$kg \geq ks$$

**Donde:**

Kg: Permeabilidad del geotextil.

Ks: Permeabilidad del suelo.

## **C. CRITERIO DE COLMATACIÓN**

Este criterio considera la posibilidad, obstrucción de sus vacíos debido a incrustaciones de partículas del suelo. Por lo tanto, el geotextil debe tener un porcentaje mínimo de espacios vacíos.

Los geotextiles con una mayor resistencia a la colmatación, son los geotextiles no tejidos punzonados por agujas, en los cuales el riesgo a que se tapen gran parte de sus orificios es muy bajo, debido al espesor que poseen y a los altos valores de porosidad que presentan. De acuerdo con el criterio de Chistopher y Holtz, 1985; R Koemer, 1990, los geotextiles usados como medios filtrantes deben tener una porosidad > 50%.

## **D. CRITERIO DE SUPERVIVENCIA**

El geotextil en el proceso de instalación y a lo largo de su vida útil puede estar sometido a esfuerzos, los cuales deben ser soportados por el mismo, de tal manera que no afecte drásticamente sus propiedades hidráulicas y físicas. Los requerimientos de supervivencia se establecerán según las Edificaciones Técnicas Generales para construcción de Carreteras (EG-2000); los cuales se muestran a continuación:

Tabla N° 3.4: Geotextiles – Requerimientos de Supervivencia

PROPIEDAD	ENSAYO	UNID	REQUERIMIENTO DE GEOTEXTIL (VMPR)					
			CLASE 1		CLASE 2		CLASE 3	
			E < 50%	E > 50%	E < 50%	E > 50%	E < 50%	E > 50%
Resistencia Grab	ASTM D4632	N	1400	900	1100	700	800	500
Resistencia al razgado trapezoidal	ASTM D4533	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia al punzonamiento	ASTM D4833	N	500	350	400*	250	300	180
Resistencia "Burst"	ASTM D3786	Kpa	3500	1700	2700	1300	2100	950
Resistencia a la costura	ASTM D4632	N	1260	810	990	630	720	450

\*El VMPR requerido para resistencia al Rasgado Trapezoidal para geotextil tejidos de monofilamentos, es de 250 N.

Tabla N° 3.5: Geotextiles para Subdrenaje – Requerimientos

PROPIEDAD	ENSAYO	UNID.	REQUERIMIENTO		
			PORCENTAJES DE SUELO A RETENER QUE PASA LA MALLA 0.075 MIN. (N° 200)		
			< 15	15 - 50	> 50
Clase de Geotextil	-	-	Clase 2, de la Tabla N° 05		
Permitividad	ASTM D4491	s <sup>-1</sup>	0.5	0.2	0.1
Tamaño de Abertura Aparente (TAA)	ASTM D4751	mm	0.43 Valores máx. promedio por rollo	0.25 Valores máx. promedio por rollo	0.22 Valores máx. promedio por rollo
Resistencia retenida UV	ASTM D4355	%	50% después de 500 horas de exposición		

## E. CRITERIO DE DURABILIDAD.

Los geotextiles por ser un material fabricado de polipropileno, no son biodegradables, son altamente resistentes al ataque químico como a los lixiviados.

No se recomienda el uso de los geotextiles como filtros en lugares donde quedan expuestos a rayos ultravioleta por un tiempo prolongado. Donde por razones de instalación

y funcionamiento los geotextiles estén expuestos al ataque de los rayos ultravioleta, estos deberán estar fabricados por compuestos, que le proporcionen una alta resistencia a la degradación UV.

### **3.4.1.3. DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL**

Teniendo el caudal final  $Q_f$ , el caudal es la suma de los caudales calculados, se realiza el siguiente procedimiento:

$$Q_f = V * i * A$$

**Donde:**

$Q_f$  : Caudal Final

$V$  : Velocidad de flujo, la cual depende de la pendiente longitudinal y del Tamaño. Del agregado usado en el subdrén. (Ver figura N° 2.3).

$i$  : Gradiente hidráulico que para el caso de subdrenes es igual a 1.

$A$  : Área de la sección transversal del subdrén, normalmente se fija el ancho y se despeja su altura.

Una vez obtenida la sección transversal del subdrén, se puede calcular su perímetro, el geotextil debe colocarse en todo su perímetro, el geotextil debe colocarse en todo su perímetro. Por lo tanto, la longitud del geotextil corresponderá al perímetro del subdrén más el traslape.

El diámetro de la tubería a usar se puede estimar haciendo uso de la ecuación de Manning. Por tanteo se asume un diámetro de tubería y se rectifica si cumple la siguiente igualdad:

$$Q_f = (1/n) * A * R^{2/3} * S^{1/2}$$

**Donde:**

$Q_f$  : Caudal final calculado

$n$  : Coeficiente de Manning. Para tubería perforada usualmente es 0.013.

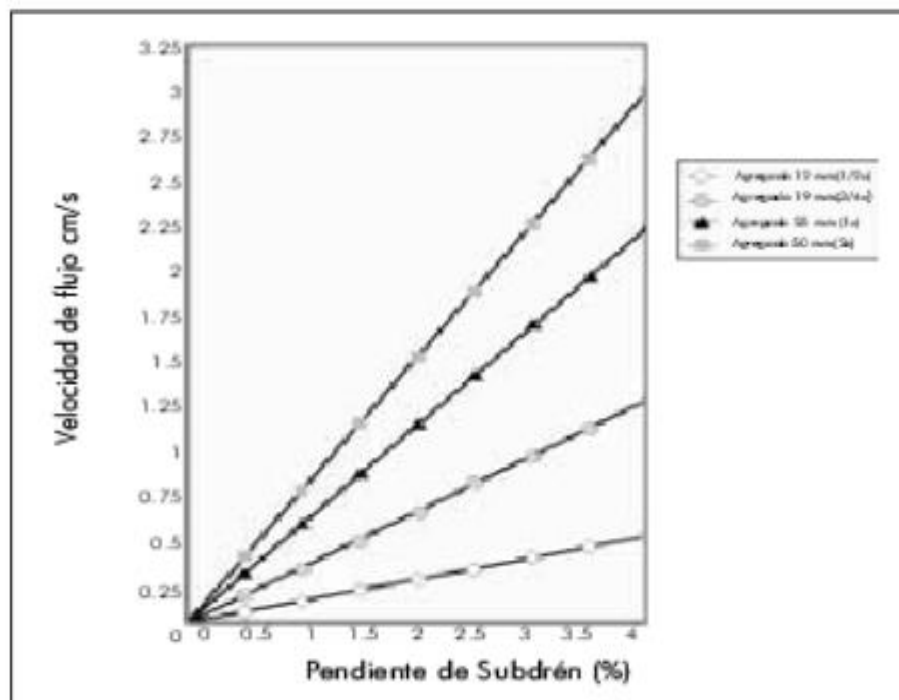
$A$  : Área del tubo.

$R$  :  $A_t/P_t$  (Área total / Perímetro total) a tubo lleno

$S$  : Pendiente del subdrén.

La línea superior de flujo o nivel freático no debe superar en ningún momento la cota de la subrasante la cota de la subrasante, con este criterio se debe establecer la profundidad del subdrén.

En caso de subdrenaje convencional, el material granular podrá ser natural, provenir de la trituración de piedra o roca, o ser una mezcla de ambos y estará constituido por fragmente duros y resistentes, además deberá cumplir con los requisitos indicados en las especificaciones técnicas del Proyecto. FIGURA 3.29



*Figura N° 3.29: Pendiente vs Velocidad, según el tamaño del agregado (Para agregados de tamaño uniforme)*

#### 3.4.1.4. TASA DE FLUJO

Se debe revisar la cantidad de flujo volumétrico que puede pasar por unidad de área (tasa de flujo) en el plano normal al geotextil (permitividad  $K/t$ , donde  $K$  es a permeabilidad y  $t$  es el espesor del geotextil), frente a la cantidad de flujo volumétrico a evacuar por metro cuadrado. Para lo cual se realiza el siguiente procedimiento.

Teniendo el caudal que se requiere pasar por el filtro por cada metro cuadrado, se calcula la permitividad requerida del geotextil. Haciendo uso de la ecuación de Darcy.



$$q = K * i * A$$

$$q = K * (\Delta h / t) * A$$

$$K/t = q / (\Delta h * A)$$

**Donde:**

$K / t$  : Permitividad requerida del geotextil, ( $\Psi$  requerida).

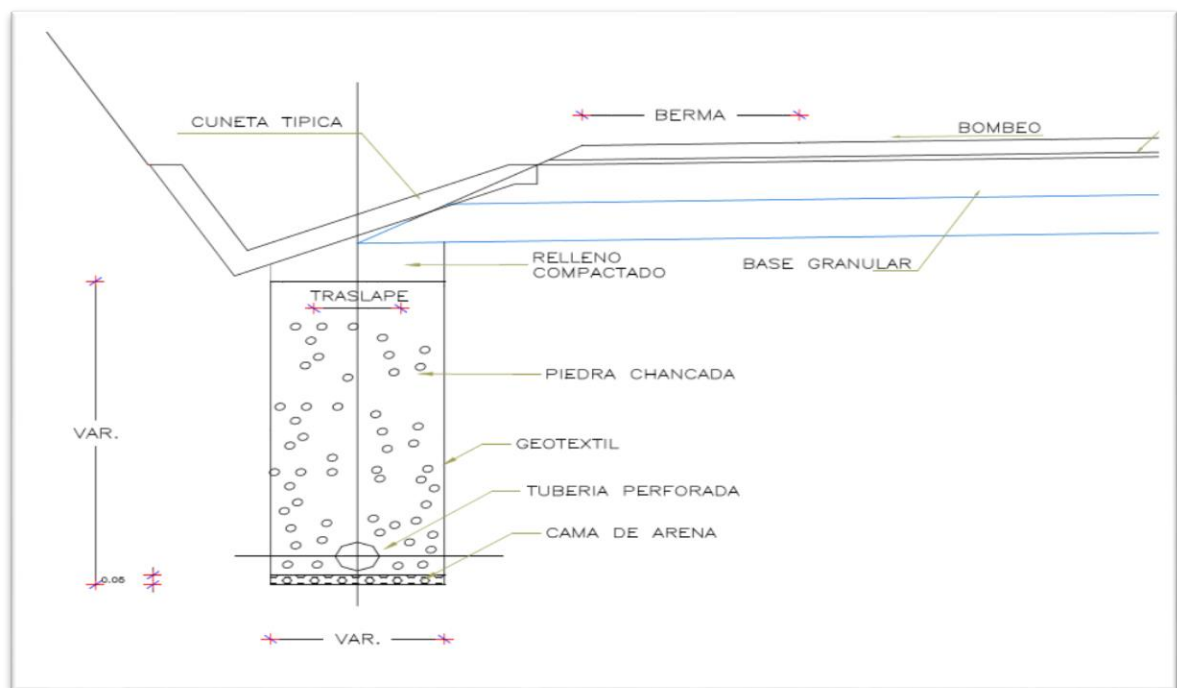
$q$  : Caudal a evacuar calculado por metro cuadrado.

$\Delta h$  : Carga hidráulica.

$A$  : Área por unidad de longitud.

$$\psi \text{ requerida} = q / (\Delta h * A)$$

La tasa de flujo también se puede obtener, teniendo el caudal a evacuar por metro cuadrado y el caudal capaz de dejar el geotextil por metro cuadrado.



*Figura N° 3.30: Cuneta de sección típica*



*Figura N° 3.31: Sección de Subdren 01*



*Figura N° 3.32: Sección de Subdren 02*



*Figura N° 3.33: Sección de Subdren 02*

- Se realizará el planteamiento de la solución al problema tomando el trazo de la obra en ejecución carretera alto chira.
- Se realizará levantamiento topográfico en planimetría y altimetría para definir la posición y cotas de inicio y fin del sistema de sub drenaje.
- Se realizará el diseño del sistema de sub drenaje tomando en cuenta las recomendaciones del manual de Hidrología y Drenaje del MTC2014.
- Se realizará los correspondientes estudios de mecánica de suelos para obtener las condiciones y propiedades del suelo de fundación de la vía.

### **3.4.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO Y MECÁNICA DE SUELOS**

Los trabajos de laboratorio permitieron determinar las propiedades de los suelos mediante ensayos físicos y mecánicos de las muestras disturbadas provenientes de cada una de las exploraciones, en conformidad con el Manual de Ensayos de Materiales (EM-2016) y con las normas Técnicas de la EG-2013 Vigentes. En tabla N° 01, "Ensayos de Mecánica de Suelos" se presentan los diferentes ensayos a los que fueron sometidas las muestras obtenidas en los trabajos de campo, describiendo el nombre del ensayo, uso, método de clasificación utilizado, tamaño de muestra utilizada y propósito del ensayo.

Tabla N° 3.6: Ensayos de Mecánica de Suelos Según Norma y Método

NOMBRE DEL ENSAYO	USO	METODO MTC	ENSAYO ASTM	TAMAÑO DE MUESTRA	PROPOSITO DEL ENSAYO
Análisis Granulométrico por tamizado	Clasificación	E- 107	D422	300 gr.	Para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelos
Contenido de Humedad	Clasificación	E- 108	D2216	300 gr.	Determinar el contenido de humedad del suelo.
Límite Líquido	Clasificación	E - 110	D4318	200 gr.	Hallar el contenido de agua entre los estados Líquido y Plástico.
Límite Plástico	Clasificación	E- 111	D4318	200 gr.	Hallar el contenido de agua entre los estados Plásticos y semi sólidos.
Índice Plástico	Clasificación				Hallar el rango de contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.
Compactación Proctor Modificado	Diseño de espesores	E-115	D1557	45.0 kg	Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario de los Suelos (Curva de Compactación).
CBR	Diseño de espesores	E-132	D1883	50.0 kg	Evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.

### 3.4.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS

En cuanto a los ensayos a ejecutar, se explican y definen los objetivos de cada uno de ellos. Cabe anotar que los ensayos físicos corresponden a aquellos que determinan las propiedades físicas de los suelos y que permiten su clasificación.

#### A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107)

La granulometría es la distribución de las partículas de un suelo de acuerdo a su tamaño, que se determina mediante el tamizado o paso del agregado por mallas de distinto diámetro hasta el tamiz N° 200 (diámetro 0.074 milímetros), considerándose el material que pasa dicha malla en forma global. Para conocer su distribución granulométrica por debajo de ese tamiz se hace el ensayo de sedimentación. El análisis granulométrico deriva en una curva granulométrica, donde se plotea el diámetro de tamiz versus porcentaje acumulado que pasa o que retiene el mismo, de acuerdo al Huso que se quiera dar al agregado.

## **B) LIMITE LIQUIDO (MTC E-110) Y LIMITE PLÁSTICO (MTC E-111)**

Se conoce como plasticidad de un suelo a la capacidad de este de ser moldeable. Esta depende de la cantidad de arcilla que contiene el material que pasa la malla N° 200, porque es este material el que actúa como ligante. Un material, de acuerdo al contenido de humedad que tenga, pasa por tres estados definidos: líquidos, plásticos y secos. Cuando el agregado tiene determinado contenido de humedad en la cual se encuentra húmedo de modo que no puede ser moldeable, se dice que está en estado semilíquido. Conforme se le va quitando agua, llega un momento en el cual el suelo, sin dejar de estar húmedo, comienza a adquirir una consistencia que permite moldearlo o hacerlo trabajable, entonces se dice que está en estado plástico. Al seguir quitando agua, llega un momento en el que el material pierde su trabajabilidad y se cuarteo al tratar de moldearlo, entonces se dice que está en estado semi seco. El contenido de humedad en el cual el agregado pasa del estado semilíquido al plástico es el Limite Liquido (MTC E-110), y el contenido de humedad que pasa del estado plástico a semi seco es el Limite Plástico (MTC E-111).

## **C) CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (MTC E-108)**

El contenido de humedad de una muestra indica la cantidad de agua que esta contiene, expresándola como un porcentaje del peso de agua entre el peso del material seco. En cierto modo este valor es relativo, porque depende de las condiciones atmosféricas que pueden ser variables. Entonces lo conveniente es realizar este ensayo y trabajar casi inmediatamente con este resultado, para evitar distorsiones al momento de los cálculos.

## **D) CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL MÉTODO SUCS Y POR EL MÉTODO AASHTO**

Los diferentes tipos de suelos son definidos por el tamaño de las partículas. Son frecuentemente encontrados en combinación de dos o más tipos de suelos diferentes, como, por ejemplo: arenas, gravas, limo, arcillas y limo arcilloso, etc. La determinación del rango de tamaño de las partículas (gradación) es según la estabilidad del tipo de ensayos para la

determinación de los Límites de consistencia. Uno de los más usuales sistemas de clasificación de suelos es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el cual clasifica al suelo en 15 grupos identificados por nombre y por términos simbólicos. La totalidad de muestras se analizaron en el Laboratorio de Suelos Capacitado; los resultados se presentan en los Anexos "Registros de Excavación" y "Ensayos de Laboratorio de Suelos".

En el Cuadro N° 02 y Cuadro N° 03: "Resumen de Valores del Ensayo MTC E-1 10, MTC E-1 11 y MTC E-1 08", se muestran los resultados del laboratorio, identificando la ubicación, la profundidad, Límite Líquido, Índice Plástico, Contenido de Humedad y clasificación.

#### **3.4.2.2. PROPIEDADES MECÁNICAS:**

Los ensayos para definir las propiedades mecánicas, permiten determinar la resistencia de los suelos o comportamiento frente a las solicitaciones de cargas.

##### **A) ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E-1 15)**

El ensayo de proctor o Peso Unitario se efectúa para determinar un óptimo contenido de humedad, para la cual se consigue la máxima densidad seca del suelo con una compactación determinada. Este ensayo se debe realizar antes de usar el agregado sobre el terreno, para así saber qué cantidad de agua se debe agregar para obtener la mejor compactación.

Con este procedimiento de compactación se estudia la influencia que ejerce en el proceso el contenido inicial de agua del suelo, encontrando que tal valor es de fundamental importancia en la compactación lograda. En efecto, se observa que, a contenidos de humedad creciente, a partir de valores bajos, se obtienen más altos pesos específicos secos y por lo tanto mejores compactaciones del suelo, pero que esta tendencia no se mantiene indefinidamente, sino que, al pasar la humedad de un cierto valor, los pesos específicos secos obtenidos disminúan, resultando peores compactaciones en la muestra. Es decir, para un suelo dado y empleando el procedimiento descrito, existe una humedad inicial, llamada la "óptima", que produce el máximo peso específico seco que puede lograrse con este procedimiento de compactación.

Lo anterior puede explicarse, en términos generales, teniendo en cuenta que, a bajos contenidos de agua, en los suelos finos, del tipo de los suelos arcillosos, el agua está

en forma capilar produciendo compresiones entre las partículas constituyentes del suelo lo cual tiende a formar grumos difícilmente desintégrales que dificultan la compactación. El aumento en contenido de agua disminuye esa tensión capilar en el agua haciendo que una misma energía de compactación produzca mejores resultados. Empero, si el contenido de agua es tal que haya exceso de agua libre, al grado de llenar casi los vacíos del suelo, ésta impide una buena compactación, puesto que no puede desplazarse instantáneamente bajo los impactos del pisón.

### 3.4.2.3. EVALUACIÓN DE CANTERAS

El uso de materiales utilizados para la ejecución del proyecto será obtenido de:

#### **CANTERA SOMATE – ROCA**

Ubicación: Prog. 25+000 Km Lado Derecho de la vía

Distancia: 6.06 Km

Materiales: Rocas para estabilización de suelos de fundación

CANTERA	ESTADO DEL ACCESO (Al centro de gravedad del proyecto)	UBICACIÓN DE ACCESO DE LA CANTERA	Distancia al cg * (Km)	Área de la Cantera (Ha)	Altura Aprovechable (m)	Calculo previo de potencia disponible en toda la cantera (m3)*	POSIBLES USOS
SOMATE - Roca	Trocha carrozable: regular a malo.	25+000	21.725 km	30.729	30.00	921,870	Rocas para estabilización de suelos de fundación.

\* El cálculo previo de la potencia disponible de la cantera se ha calculado tomando el área total de la cantera por la altura aprovechable.

Requerimiento de los accesos y potencias disponibles en la zona de explotación

CANTERA	ACCESO desde el CG del Proyecto	Estado del acceso	Distancia (Km)	Requerimiento del acceso	Potencia Disponible m3 de la zona de explotación
SOMATE ROCA	Se ubica en km 25+000.lado derecho. El acceso tiene 6.06 km	Trocha carrozable en regular estado	30.00 km	Mantenimiento	921,870

Los materiales a usarse serán de la cantera Somate – Roca, en la cual, el acceso y estado de conservación, distancia al centro de gravedad del proyecto y propietario se presentan en el cuadro adjunto:

<i>CANtera</i>	<i>ESTADO DEL ACCESO (Al centro de gravedad del proyecto)</i>	<i>DISTANCIA AL CG (Km)</i>	<i>PROPIETARIOS</i>
<i>SOMATE - Roca</i>	<i>Trocha carrozable: regular a malo.</i>	<i>21.725 km</i>	<i>Propiedad particular. Comunidad Campesina es titular.</i>

De la evaluación de la propiedad particular de dicha cantera se ha establecido los siguientes usos potenciales:

<i>CANtera</i>	<i>POSIBLES USOS</i>
<i>SOMATE - Roca</i>	<i>Rocas para estabilización de suelos de fundación.</i>

### 3.4.3. GEOTEXTIL NO TEJIDO

El Geotextil es un geo sintético plano constituido por fibras poliméricas unidas por tejido punzonado o termo fijado, diseñado con determinadas características de resistencia y porosidad para ser utilizado en la solución de diversos problemas geotécnicos relacionados con la filtración, drenaje, estabilización, protección al punzonado, refuerzo y separación de suelos.

#### 3.4.3.1. FUNCIONES:

**Filtración:** el Geotextil retiene ciertas partículas supeditadas a fuerzas hidrodinámicas al mismo tiempo que permite el paso de fluidos.

**Separación:** Evita el contacto entre dos materiales de propiedades distintas evitando su mezcla y una posible contaminación.

**Refuerzo:** Permite el refuerzo y estabilización de superficies.

**Drenaje:** Realiza la función de paso de un fluido de un lugar a otro en forma líquida o gaseosa efectuando la función de eliminación por evacuación en el espesor del geotextil. El geotextil se aplica en tubos de drenaje, lechos drenantes, drenaje superficial, superficies deportivas y en edificación. La alta permeabilidad del tejido técnico posibilita la alta retirada del agua y la consolidación del terreno. Además, el geotextil no tejido puede



actuar contra el incremento de las malas hierbas posibilitando el paso de agua y nutrientes a aquellas plantas que nos interesan.

**Protección:** El geotextil actúa protegiendo geomembranas impermeables, evitando que se ocasionen daños mecánicos por punzonamiento o abrasión.

#### **3.4.3.2.. Principales Ventajas:**

- Resistencia a la perforación y a la tracción.
- Excelente resistencia mecánica y química biológica.
- Permeabilidad y retención de partículas bien equilibrados.
- Reducción de costes.
- Fácil manipulación

#### **3.4.4. TUBERÍA PVC**

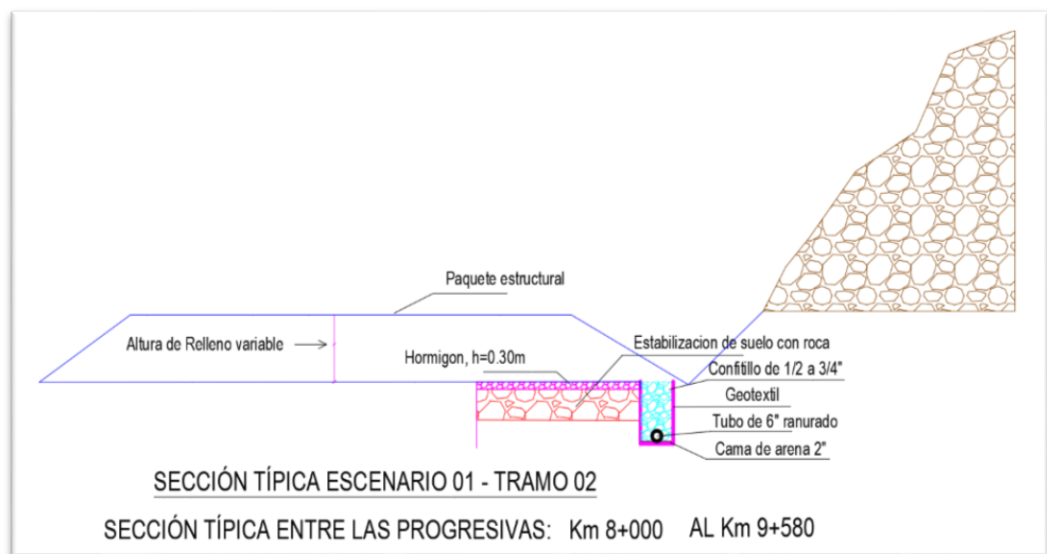
El material que se emplee para la fabricación de tubos, coples y accesorios de policloruro de vinilo (PVC) que se utilicen en los sistemas de subdrenaje, será la resina termoplástica que resulte de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a policloruro de vinilo, denominada compuesto PVC.12454-B.

## CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DIFUSIÓN.

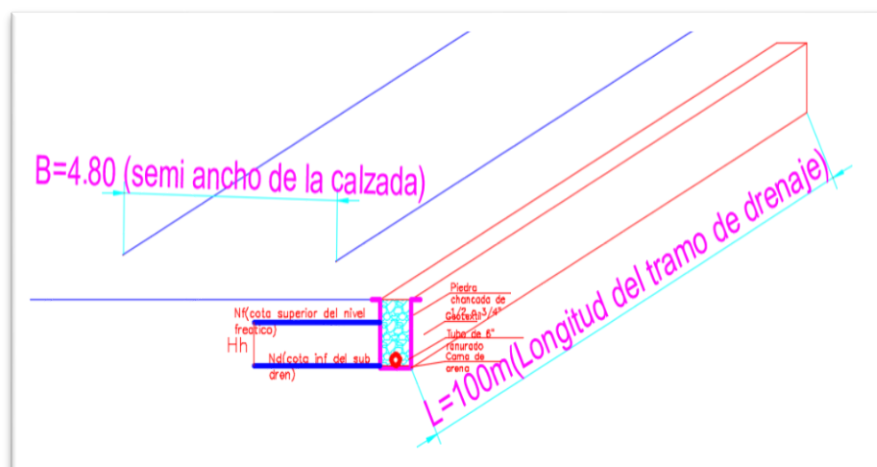
### 4.1. DISEÑO DE ANÁLISIS DE SUBDRENAJE

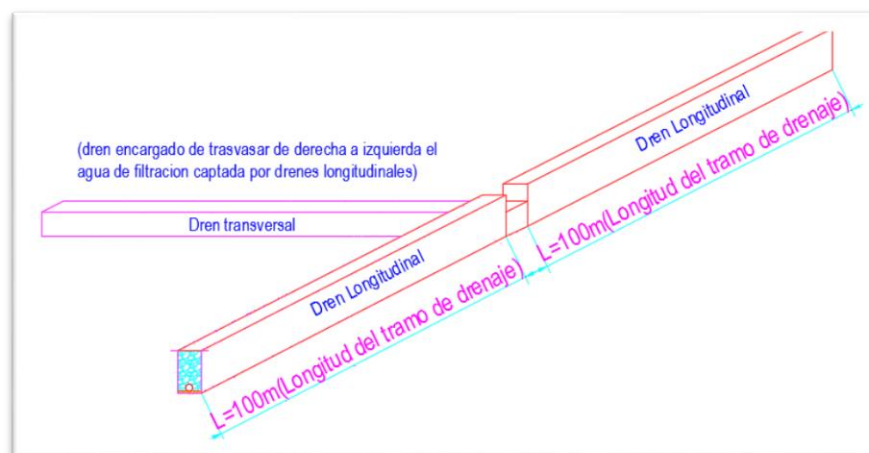
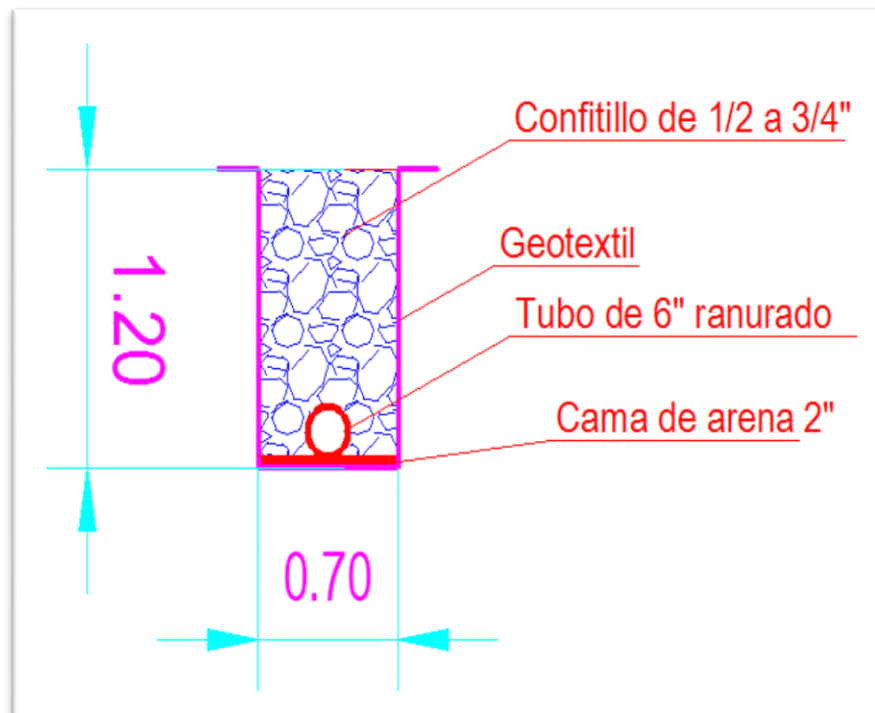
1. diseño de subdrenaje para una sección típica

#### SECCION TIPICA:



#### SOLUCIÓN CONCEPTUAL:





#### Criterios empleados en el dimensionamiento de los sub drenes

- Altura del sub dren: se ha tomado en cuenta una profundidad de 1.20m, con la finalidad de proteger la tubería de la acción de la compactación del rodillo, en los pases longitudinales y transversales. La profundidad de 1.20m se ha estimado por que el flujo de agua a captar es netamente superficial.

- El ancho de la zanja es de 0.70m por las dimensiones del cucharón de una retroexcavadora convencional.

### **CAUDAL POR ABATIMIENTO DE NIVEL FREÁTICO.**

$q_{nf}$  = caudal de abatimiento del nivel freático.

$$q_{nf} = K \cdot I \cdot A_e$$

$K = 0.1$  cm/seg. Coeficiente de permeabilidad del suelo adyacente (arena mezclado con grava).

$I$  = gradiente hidráulico.

$$I = (N_d - N_f) / B$$

$N_d$  = Cota inferior del sub dren.

$N_f$  = cota superior del nivel freático.

$B$  = Semi ancho de la vía.

$A_e$  = Área efectiva para el caso de abatimiento del nivel freático.

$$A_e = (N_d - N_f) \cdot B$$

Datos para el cálculo.

$$H_h = (N_d - N_f) = 0.80$$

$$I = 0.8 / 4.80 = 0.16666$$

$$A_e = 0.80 \cdot 100 = 80 \text{ m}^2 = 8000,00 \text{ cm}^2.$$

$$q_{nf} = K \cdot I \cdot A_e$$

$$q_{nf} = 0.10 \cdot 0.16666 \cdot 8000,00$$

$$q_{nf} = 133.28 \text{ cm}^3/\text{s} \quad \text{caudal del nivel freático}$$

$$q_{nf} = 0.133 \text{ L/s}$$

## **DETERMINACIÓN DEL TIPO DE GEOTEXTIL**

$$TAA < D85 * B$$

TAA= tamaño de la abertura suministrado por el fabricante

D85= Tamaño de partículas (en milímetros). Cuanto al tamizar un suelo pasa el 85% de este.

$$D85 = 0.2\text{mm}$$

B= Coeficiente de drenaje del geotextil va de 1 a 3.

B= en este caso usaremos el valor de 2.0

$$TAA = 0.200\text{mm} * 2 = 0.40\text{mm}$$

AASHTO recomienda que TAA no debe ser mayor que 0.30 por lo tanto el tamaño de la abertura del geotextil debe ser de 0.30mm.

SE USARÁN GEOTEXTILES NO TEJIDOS PUNZONADOS POR AGUJAS POR SER LOS QUE TIENEN MAYOR RESISTENCIA A LA COLMATACION.

## **DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL**

El ancho mínimo de la zanja (W):

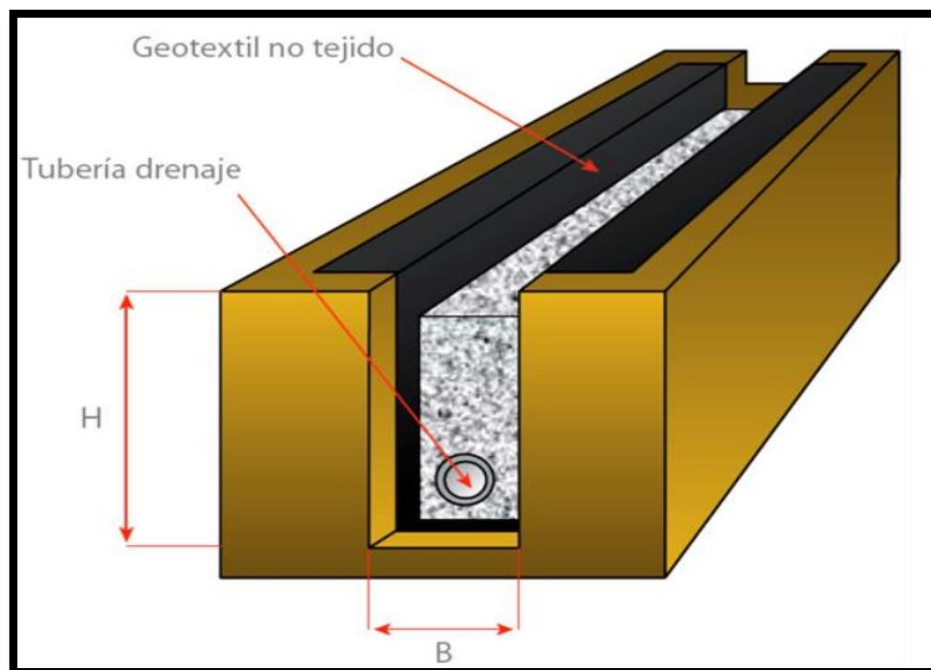
$$W = \frac{q d}{k}$$

El diámetro de la tubería a usar se puede estimar haciendo uso de la ecuación de Manning. Por tanteo se asume un diámetro de tubería y se rectifica si cumple la siguiente igualdad:

$$Qf = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Donde:

- $Qf$  : Caudal final calculado.
- $R : \frac{A_t}{P_t}$ =(Área total / Perímetro total) a tubo lleno
- $n$  : Coeficiente de Manning. Para tubería perforada usualmente es 0.013.
- $A$  : Área del tubo.
- $S$  : Pendiente del subdrén



## 4.2. DISCUSIÓN

### 4.2.1. ESTUDIO GEOTÉCNICO DE MECÁNICA DE SUELOS

Resumen de Ensayos de Laboratorio Se ha efectuado el cuadro comprendido de todos los resultados de ensayos de laboratorio, los cuales se han denominado "Resumen de Ensayos de Calicatas" y se presentan en el cuadro N° 02, en donde se presentan las características físicas y mecánicas de los suelos provenientes de los diferentes ensayos realizados a las diversas muestras extraídas en laboratorio y en campo, con dichos resultados se determina la capacidad soporte de la sub rasante, la que permitirá el diseño de la estructura de pavimento del presente estudio. Los registros exploratorios se presentan en los Anexos "Registros de Excavación" y los ensayos completos de laboratorio".

#### 4.2.1.1. PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO

El suelo muestreado a lo largo de las progresivas en la zona de Estudio específicamente en las zonas de los tramos críticos presenta un porcentaje de Humedad Natural por encima de su óptimo de humedad por lo que se localizó el nivel freático a la profundidad estudiada de -0.50m, -1.00m, -1.20m, -1.30 y -1.50m; material saturado a una profundidad de -0.40m, -0.90m, -1.10m, -1.20m y -1.30m.

Tabla N° 4.1: Resumen de ensayos por calicata según clasificación en tramos críticos

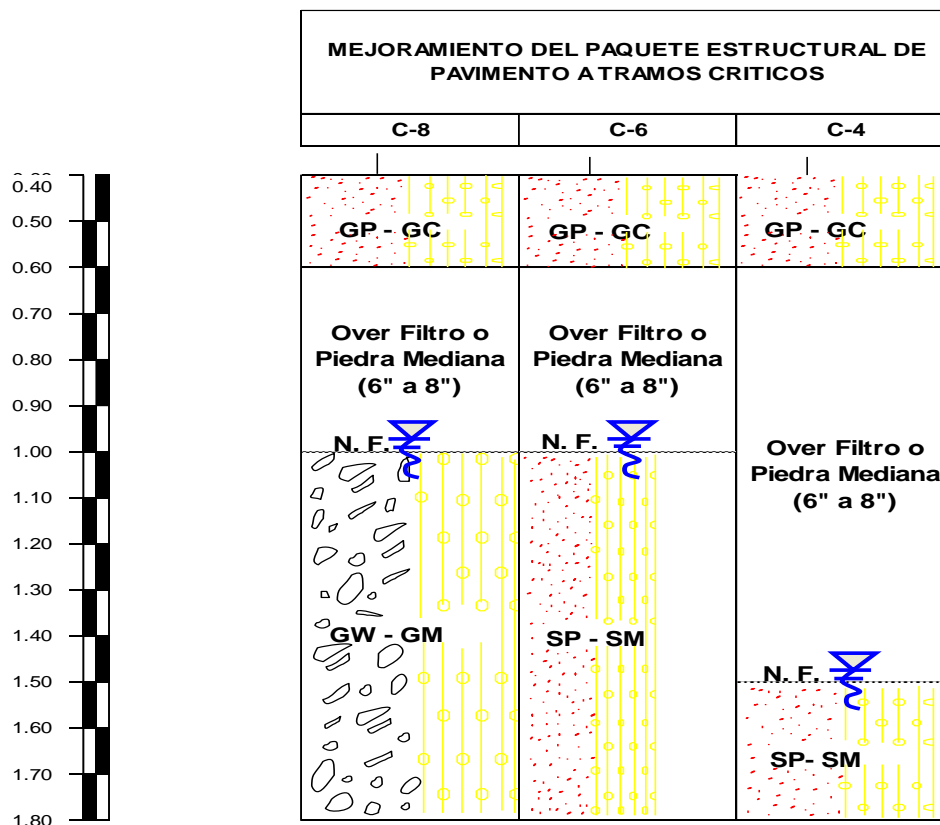
Calicatas	Datos		Clasificación		Contenido de Humedad %	Limite Liquido %	Limite Plastico %	Indice de Plasticidad %
	Muestra	Profundidad (m)	SUCS	AASHTO				
C - 4	M-1	0.00 - 0.60	GP - GC	A - 1 - a	9.9	22.92	17.39	5.53
	M-2	0.60 - 1.80	SP - SM	A - 2 - 4	16.2	17.66	16.06	1.6
C - 5	M-1	0.00 - 0.40	GP - GC	A - 1 - a	4.64	20.08	15.92	4.16
	M-2	0.40 - 1.20	SM	A - 2 - 4	14.0	20.26	17.33	3.24
	S/M	1.20 - 1.50	MATERIA ORGANICA					
C - 6	S/M	0.00 - 0.30	MATERIA ORGANICA					
	M-1	0.30 - 1.80	SP - SM	A - 2 - 4	18.4	20.03	20.39	1.64
C - 7	M-1	0.00 - 0.50	GP - GC	A - 2 - 4	5.80	25.58	18.50	7.08
	M-2	0.50 - 1.50	GP - GM	A - 1 - a	6.50	20.34	18.34	2.00
C - 8	M-1	0.00 - 1.80	GW - GM	A - 1 - a	7.8	18.72	16.79	1.93
C - 9	M-1	0.00 - 0.40	GP - GC	A - 1 - b	5.1	20.74	15.75	5.00
	M-2	0.40 - 1.20	GP	A - 1 - a	6	20.36	16.37	3.99
	M-3	1.20 - 2.00	SP - SM	A - 2 - 4	23.9	19.83	18.72	1.11

Tabla N° 4.2: Relación Densidad Humedad  
(ASTM D1557) PROCTOR Y NIVEL FREATICO

CALICATA	DATOS			NIVEL FREATICO		PROCTOR	
	MUESTRA	PROFUNDIDAD m	TRAMO	NIVEL FREATICO m	MATERIAL SATURADO m	DMS Gr/cm3	HUMEDAD OPTIMA %
C - 4	M-1	0.00 - 0.60	Km 8+400-10+250	.....	.....	2.243	6.10
	M-2	0.60 - 1.80	Km 8+400-10+250	-1.50	-1.30	.....	.....
C - 5	M-1	0.00 - 0.40	Km 8+400-10+250	.....	.....	.....	.....
	M-2	0.40 - 1.20	Km 8+400-10+250	-1.20	-1.10	.....	.....
	S/M	1.20 - 1.50	Km 8+400-10+250	.....	.....	.....	.....
C - 6	S/M	0.00 - 0.30	Km 8+400-10+250	.....	.....	.....	.....
	M-1	0.30 - 1.80	Km 8+400-10+250	-1.00	-0.90	1.84	11.60
C - 7	M-1	0.00 - 0.50	Km 8+400-10+250	.....	.....	.....	.....
	M-2	0.50 - 1.50	Km 8+400-10+250	-1.30	-1.20	.....	.....
C - 8	M-1	0.00 - 1.80	Km 8+400-10+250	-1.00	-0.90	2.274	7.10
C - 9	M-1	0.00 - 0.40	Km 8+400-10+250	.....	.....	.....	.....
	M-2	0.40 - 1.20	Km 8+400-10+250	-1.00	-0.90	.....	.....
	M-3	1.20 - 2.00	Km 8+400-10+250	.....	.....	.....	.....



#### 4.2.1.2. PERFIL ESTATIGRAFICO DESPUES DEL MEJORAMIENTO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL



PROGRESIVA (km)	9+460	9+000	8+650
	L. DER	L. EJE	L. DER
<b>MUESTRA</b>	<b>S. RASANTE</b>	<b>S. RASANTE</b>	<b>S. RASANTE</b>
PROFUNDIDAD (m)	0.40-0.60	0.40-0.60	0.40-0.60
PASA MALLA 200 (%)	10.6	11.4	10.7
L.L. (%)	24.0	24.0	24.0
L.P. (%)	18.0	18.0	18.0
I.P. (%)	6.0	6.0	6.0
CLASIFICACIÓN SUCS	GP-GC	GP-GC	GP-GC
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-1-a (0)	A-1-a (0)	A-1-a (0)
HUMEDAD (%)	2.0	2.0	2.0
PROCTOR (DMS gr/cm3)	2.206	2.185	2.185
PROCTOR (Hum. Opt. %)	5.8	5.7	5.7
CBR (al 95% de MDS)	81	64	64

## CONCLUSIONES

Las conclusiones a la que llega la presente tesis son:

- La pavimentación de la carretera del “MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACIÓN POR INCORPORACIÓN DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIÓN DE LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA – PIURA”. Ubicada entre los caseríos de Nueva Esperanza – Chilaco pelados, cuya vía se encuentra dentro de la tercera clase de tipo vecinal con una longitud transversal de 9.60 m.
- El suelo muestreado a lo largo de las progresivas en la zona de Estudio específicamente se encontraron puntos críticos que presenta su nivel freático y nivel saturado según el cuadro correspondiente a las calicatas ubicadas en C4: Km 8+650; C6: Km 9+000; C8: Km 9+460. El cual este tramo está afectado por una ladera a un lado del tramo y se desarrollará el diseño de sub drenaje para que capte las aguas del nivel freático ya sustentado.

MUESTRA	C4 Km 8+650	C6 Km 9+000	C8 Km 9+460
	Profundidad	Profundidad	Profundidad
Nivel freático	-0.60 m	-1.00 m	-1.00m
Material saturado	-0.40 m	-0.90 m	-0.90 m

- Aplicando el diseño de sistema de subdrenaje longitudinal y transversal a lo largo del tramo protegeremos en paquete estructural y a través del CBR demostraremos como se encontró y como de esta dejando a nivel se subrasante.

MUESTRA	C4	C6	C8
	CBR	CBR	CBR
Antes	53.10 %	24.20 %	38%
Después	81.0 %	64.0 %	64.0 %

- Con el sistema de sub drenaje longitudinal y transversal se garantiza la correcta canalización de agua de retorno usada en la parte baja de la zona, ya que estas tuberías llegan a alcantarillas (cuando existen) o a los drenes transversales, cuya agua es derivada a canales de riego y es reutilizada para fines de cultivos.
- Los geotextiles empleados garantizan que no se laven los finos del paquete estructural, ayudando a que la estructura del pavimento perdure en el tiempo.
- Se colocará una capa de over con la finalidad que sea como un filtro (proteger de la capilaridad y un posible lavado de finos) y este me proteja el paquete estructural.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda un mantenimiento continuo de conservación y mantenimiento de las salidas del flujo tanto en los drenes longitudinales como de los drenes transversales para evitar posibles colapsos de éstos.
- Se recomienda tener en cuenta como parte del diseño definitivo de carreteras, un sistema de drenaje que garantice el correcto funcionamiento del paquete estructural con la finalidad de que este perdure en el tiempo.
- Se recomienda seguir investigando sobre la aplicación de nuevos materiales, nuevas técnicas y sistemas de drenaje en carreteras y pavimentos; con el objetivo de poder tener más de una alternativa de solución que permita generar un correcto sistema de drenaje en carreteras y pavimentos.

## **Bibliografía**

- Drenaje y sub drenaje en carreteras.

Autor: MARIN HERNANDEZ ELIZABETH; PEREZ CALLEJAS IVETTE MARELI, Instituto Politécnico Nacional – Escuela Superior de ingeniería y arquitectura Unidad Zacatenco, agosto 2003: En este estudio de tesis podemos apreciar los diferentes sistemas de drenaje que podemos emplear para drenar agua subterránea en una carretera.

- Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera.

Autor: DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS, Madrid 2003: En el presente documento tiene la finalidad brindar recomendaciones en base a la casuística realizada en la región de España, para tomarlo como referencia en nuestro escenario.

- MANUAL DE HIDROLOGIA, HIDRAULICA Y DRENAJE.

Autor: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Perú, 2008: En este manual encontramos una metodología de cálculo del sistema de sub drenes longitudinales y transversales para proteger el paquete estructural de la vía.

- Drenaje y sub drenaje en carreteras.

Autor: MARIN HERNANDEZ ELIZABETH; PEREZ CALLEJAS IVETTE MARELI, Instituto Politécnico Nacional – Escuela Superior de ingeniería y arquitectura Unidad Zacatenco, agosto 2003.

- Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera.

Autor: DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS, Madrid 2003.

- MANUAL DE HIDROLOGIA, HIDRAULICA Y DRENAJE.

Autor: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Perú, 2008.

## **CAPÍTULO 5: ANEXOS**

### **5.1. PANEL FOTOGRAFICO**

### **5.2. ENSAYOS DE LABORATORIO**

### **5.3. PLANOS**

# ANEXO N°- 5.1

## - Panel Fotográfico



**PROYECTO “MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”**

## CALICATAS EN EL TRAMO PARALIZADO POR FILTRACIONES

La carretera del Alto Chira es una carretera vecinal que une los distritos de Sullana, Bellavista y Lancones, tiene una longitud de 31.315Km. En el desarrollo de su longitud une 14 centros poblados: Nueva esperanza, El Cucho, Montenegro, Huangalá, San Vicente de Piedra Rodada, Santa Rosa de Piedra Rodada, Chalacala Baja, El Porton, Chalacalá Alta, Marán, Somate Bajo, Riecito, Chilaco Sur y Chilaco Pelados, que todos ellos constituyen importantes centros de producción netamente agrícola.



KM – 8 + 400: Se hizo una excavación al lado derecho de la carretera de 0.00 ml - 1.50 ml, la cual se encontró Arcilla de mediana plasticidad colora amarillento rojizo en estado saturado con un % de humedad de 18.8 %, un LL de 46.83 % el P de 15.61 % y un % que pasa el tamiz N° 200 de 71.8 %.





KM – 8+650:

Calicata cuya profundidad fue de 0.00 ml – 0.60 ml. Grava Pobrementemente gradada, Grava Limosa, Afirmado de color amarillo oscuro, en estado semicompacto a compacto, de estado semihúmedo con un LL de 22.92 % el P de 5.53 %. Grava limosa de mediana abuena dureza de forma sub angular y subredondeada con presencia de carbonatos empregnados; con un 11.2 % en el tamiz N° 200 y con una humedad natural de 9.9%.





Distancia de 0.60 ml – 1.80 ml: Arena pobremente gradada con arena limosa de grano fino color marrón claro, en estado semisuelto a semicompacto con un % de humedad de 16.2% e IP de 1.60%



KM – 9+ 000: Calicata cuya profundidad se observa de 0.00 ml – 1.80 ml. Grava Pobrementemente gradada, Grava Limosa, Afirmado de color marrón oscuro, en estado compacto con un IP de 4.16%. Grava limosa de mediana a buena dureza de forma subredondeada con un 60.5% que retiene el tamiz N° 4 y con un 6.4% que retiene en el tamiz de 2" a 3" con un ligero % de carbonatos y con una humedad natural de 4.64%.

Se hizo una calicata de 2.00 m y en 1.50 m se encontró filtración y se hizo una prueba de caudal el cual arrojó 2lt/seg.





KM – 9+250:

Grava Arcillosa Pobrementemente gradada de color amarillo oscuro, en estado compacto con un IP de 7.08% de buena dureza de forma subangulosa con un 56.8% que retiene el tamiz N° 4 y con un 6.8% que retiene en el tamiz de 2" a 4"



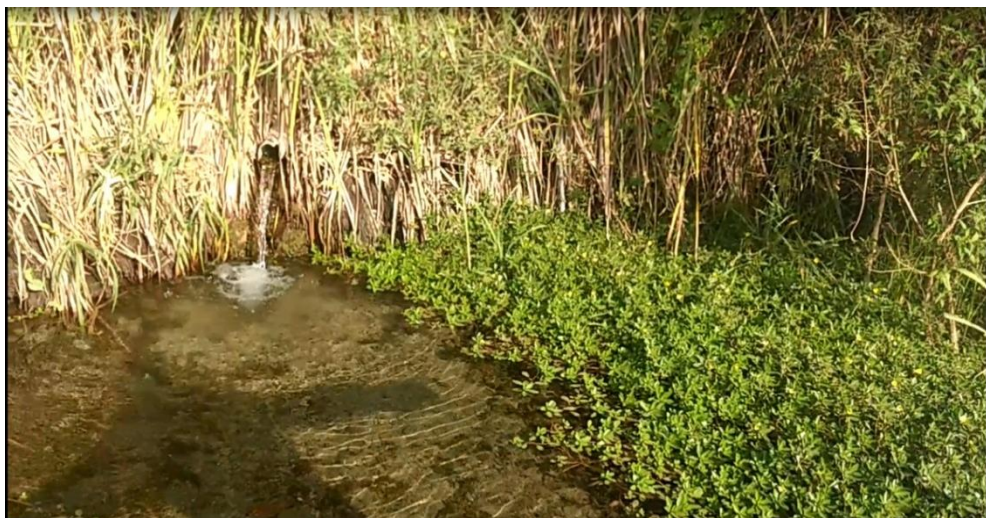
Grava Limosa Pobrementemente gradada, de color marrón oscuro, en estado semicompacto con un LL de 20.34% e IP de 2.0%. Grava limosa de buena dureza con presencia bolonería de 3" a 5" con un 65.6% que retiene el tamiz N° 4 y con una humedad natural de 6.5% se localiza nivel freático a -1.30 ml.



KM – 9+460: Grava Limosa Bien gradada, de color marrón claro de baja plasticidad, de buena dureza en estado de semicompacta a compacta. Grava limosa con presencia bolonería de 2" a 4" de forma redondeada a subredondeada, con un 68.5% de grava que retiene el tamiz N° 4 y con una humedad natural de 7.8%



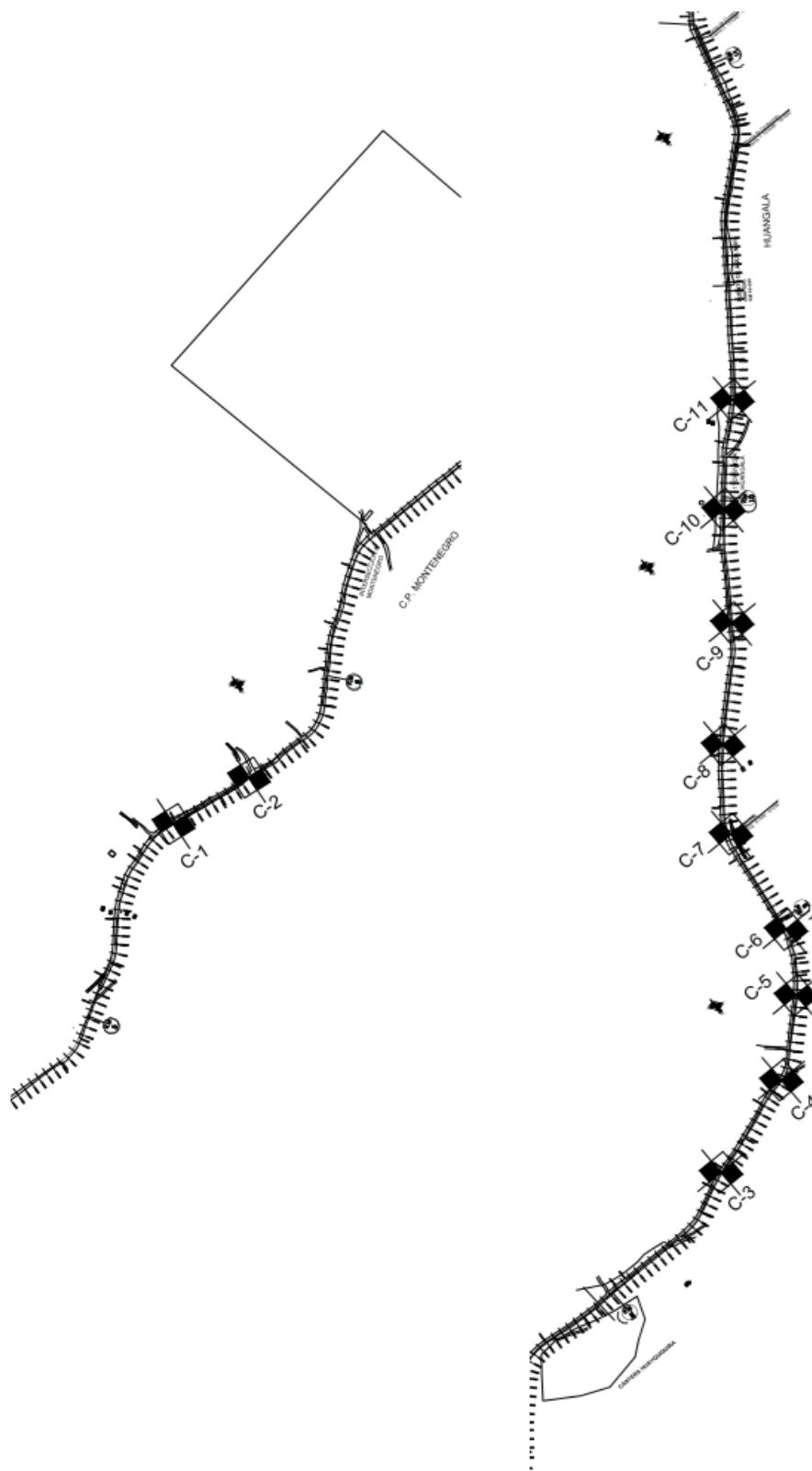
En esta la filtración que se encontró, como propuesta para la solución es hacer una obra de drenaje y una alcantarilla bajo la carpeta asfáltica para la desembocadura del flujo y sea dirigido al canal de regadío.



## ANEXO N°- 5.2

- Ensayos de laboratorio  
(Granulometría, Límites,  
Proctor, CBR)





LEYENDA	
CARRERERA EN T	
PUENTE	
LOCAMAS	
POSTE ELECT.	
ALICATONIA	
CANAL DE IRREG	
BACIN	
PISO O DALKITA	

MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAMIE EN EL KM 8+400 AL KM 9+400 CON PROBLEMA DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUARA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PROYECTO PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL  
AUTOR : EDWIN JOEL VITE CARDOZA

PLANO : UBICACION DE CALICATAS  
FECHA : ABRIL - 2019  
ESCALA : 1:5000

BELLAVISTA CHILACO  
LANCONES - SULLANA

UC-01

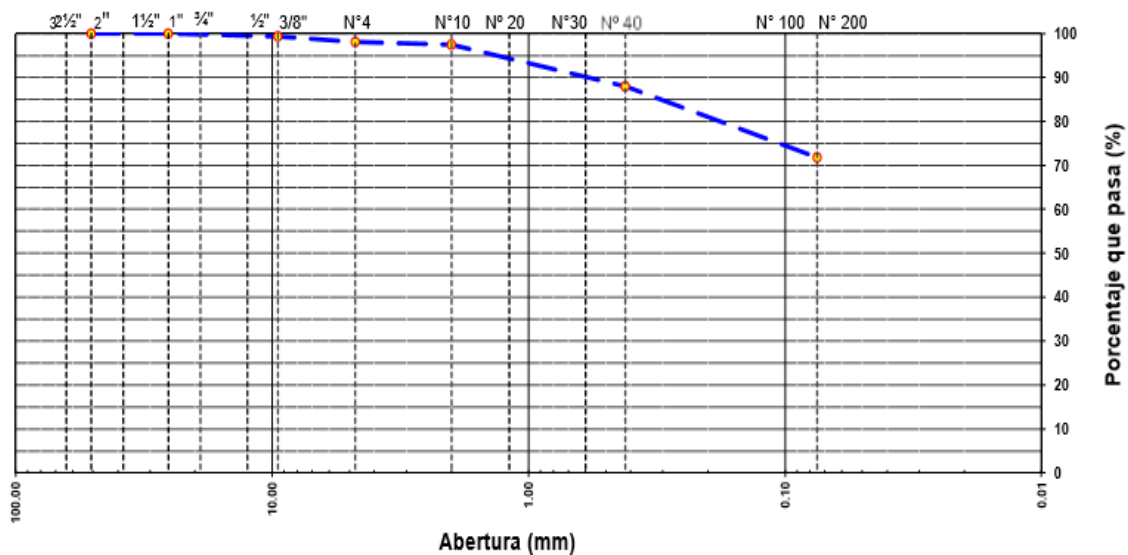
PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: 31/04/2019

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
MTC E-204 – ASTM D-422

MATERIAL : SUB RASANTE EXISTENTE  
 UBICACIÓN : CALICATA N° 03 km 8+400 LADO DERECHO  
 PROFUNDIDAD : DE : 0.00 – 1.50 mts.

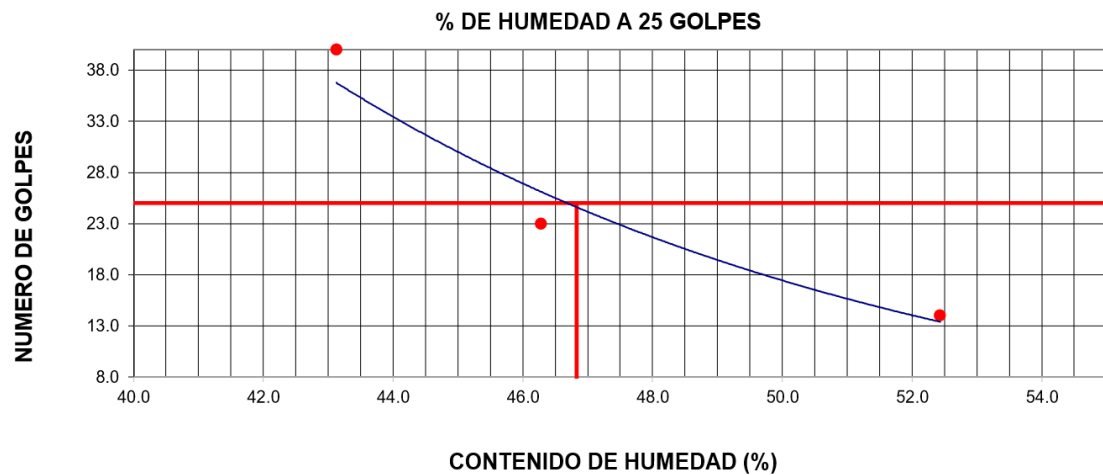
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL	=	1411.0	gr
2 1/2"	63.500						PESO FINO	=	1411.0	gr
2"	50.800									
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO	=	46.83	%
1"	25.400						LIMITE PLASTICO	=	31.22	%
3/4"	19.050						INDICE PLASTICO	=	15.61	%
1/2"	12.500				100.0		CLASF. AASHTO	=	A-7-5	(12)
3/8"	9.500	9.7	0.7	0.7	99.3		CLASF. SUCCS	=	ML	
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	=		gr/cc
# 4	4.750	16.7	1.2	1.9	98.1		HUMEDAD OPT.	=		%
# 8	2.360						CBR AL 100 % 0.1"	=		%
# 10	2.000	10.1	0.7	2.6	97.4		CBR AL 95 % 0.1"	=		%
# 20	1.190						Ensayo Malla #20	P.S.Seco.	P.S.Lavado	
# 30	0.600									
# 40	0.420	136.6	9.5	12.1	87.9		IMPUREZAS ORGANICAS : 3.0 %			
# 50	0.300						N° COLOR ORGANICO	=	-	
# 100	0.150	174.9	12.2	24.2	75.8		COLOR ESTANDAR	=	-	
# 200	0.075	56.9	4.0	28.2	71.8		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
< # 200		1032.5	71.8	100.0				6017.0	5063.0	18.8%
FRACCION		1411.0								
TOTAL		1411.0								

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
Nº TARRO	7	2	3	
TARRO + SUELO HUMEDO	61.27	61.95	56.71	
TARRO + SUELO SECO	52.08	52.24	47.97	
AGUA	9.19	9.71	8.74	
PESO DEL TARRO	30.77	31.26	31.30	
PESO DEL SUELO SECO	21.31	20.98	16.67	
% DE HUMEDAD	43.13	46.28	52.43	
Nº DE GOLPES	40	23	14	

LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
Nº TARRO	14	16		
TARRO + SUELO HUMEDO	11.99	10.68		
TARRO + SUELO SECO	10.57	9.57		
AGUA	1.42	1.11		
PESO DEL TARRO	5.99	6.04		
PESO DEL SUELO SECO	4.58	3.53		
% DE HUMEDAD	31.00	31.44		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	46.83
LIMITE PLASTICO	31.22
INDICE DE PLASTICIDAD	15.61

OBSERVACIONES

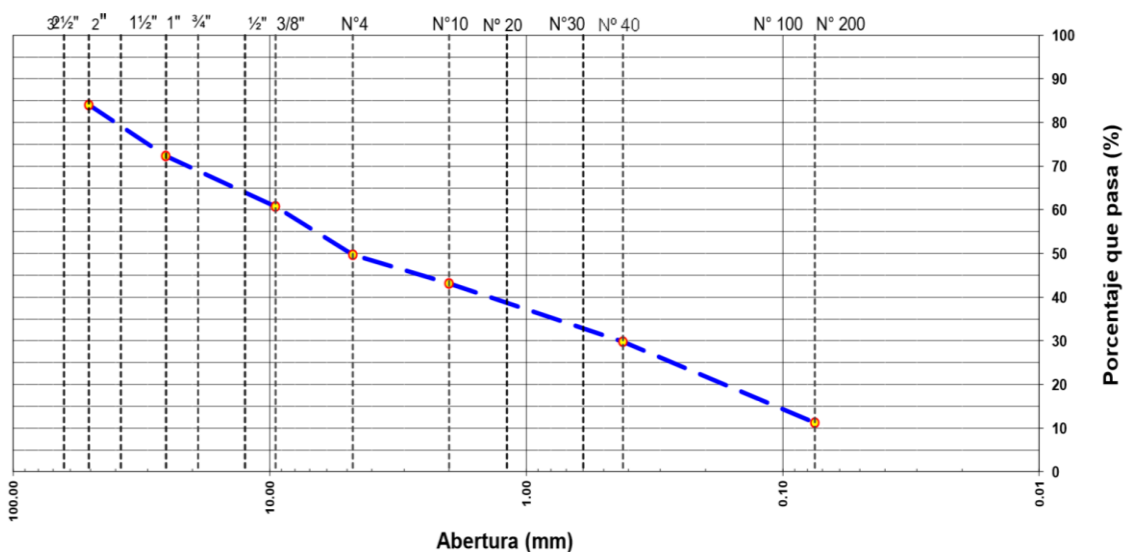
PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: 31/04/2019

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
MTC E-204 – ASTM D-422

MATERIAL : SUB RASANTE EXISTENTE  
 UBICACIÓN : CALICATA N° 04 km 8+650 LADO DERECHO  
 PROFUNDIDAD : DE : 0.00 – 0.60 mts.

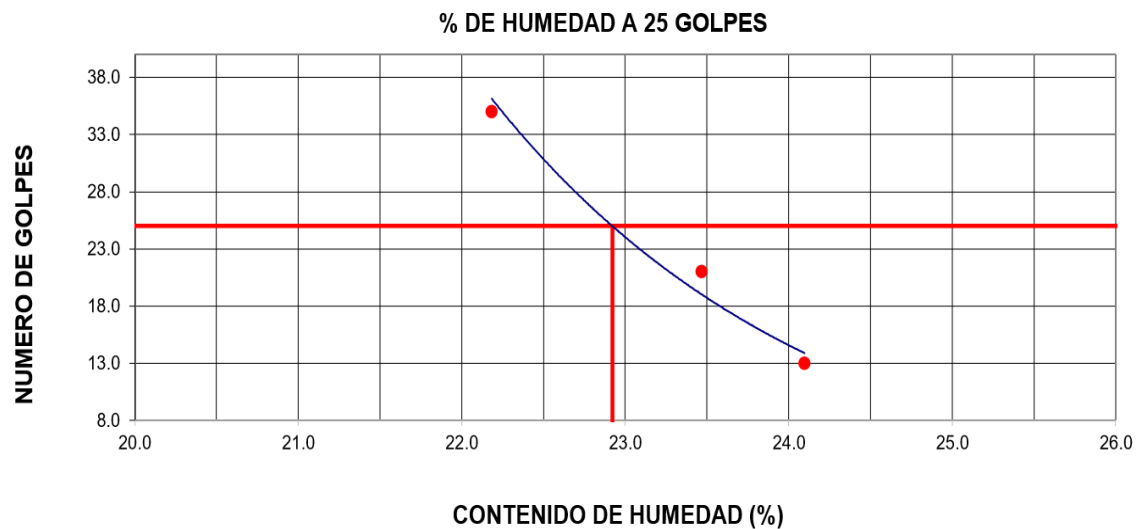
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL	=	9000.0	gr
2 1/2"	63.500						PESO FINO	=	300.0	gr
2"	50.800	1435.0	15.9	15.9	84.1					
1 1/2"	38.100	455.0	5.1	21.0	79.0		LIMITE LIQUIDO	=	22.92	%
1"	25.400	605.0	6.7	27.7	72.3		LIMITE PLASTICO	=	17.39	%
3/4"	19.050	335.0	3.7	31.4	68.6		INDICE PLASTICO	=	5.53	%
1/2"	12.500	386.0	4.3	35.7	64.3		CLASF. AASHTO	=	A-1-a	(0)
3/8"	9.500	312.0	3.5	39.2	60.8		CLASF. SUCCS	=	GP - GC	
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	=	2.243	gr/cc
# 4	4.750	995.0	11.1	50.3	49.7		HUMEDAD OPT.	=	6.10	%
# 8	2.360						CBR AL 100 % 0.1"	=	50.0	%
# 10	2.000	39.9	6.6	56.9	43.1		CBR AL 95 % 0.1"	=	31.1	%
# 20	1.190						Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	
# 30	0.600									
# 40	0.420	80.5	13.4	70.2	29.8		IMPUREZAS ORGANICAS : 3.0 %			
# 50	0.300						N° COLOR ORGANICO	=	-	
# 100	0.150	81.0	13.4	70.2	29.8		COLOR ESTANDAR	=	-	
# 200	0.075	30.8	5.1	88.8	11.2		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
< # 200		67.8	11.2	100.0				1000.0	910.0	9.9%
FRACCION		300.0								
TOTAL		900.0								

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
Nº TARRO	1	2	3	
TARRO + SUELO HUMEDO	48.79	50.20	51.90	
TARRO + SUELO SECO	45.32	46.60	48.16	
AGUA	3.47	3.60	3.74	
PESO DEL TARRO	30.92	31.26	31.30	
PESO DEL SUELO SECO	14.40	15.34	16.86	
% DE HUMEDAD	24.10	23.47	22.18	
Nº DE GOLPES	13	21	35	

LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
Nº TARRO	20	21		
TARRO + SUELO HUMEDO	26.65	26.17		
TARRO + SUELO SECO	25.65	25.14		
AGUA	1.00	1.03		
PESO DEL TARRO	19.70	19.41		
PESO DEL SUELO SECO	5.95	5.73		
% DE HUMEDAD	16.81	17.98		

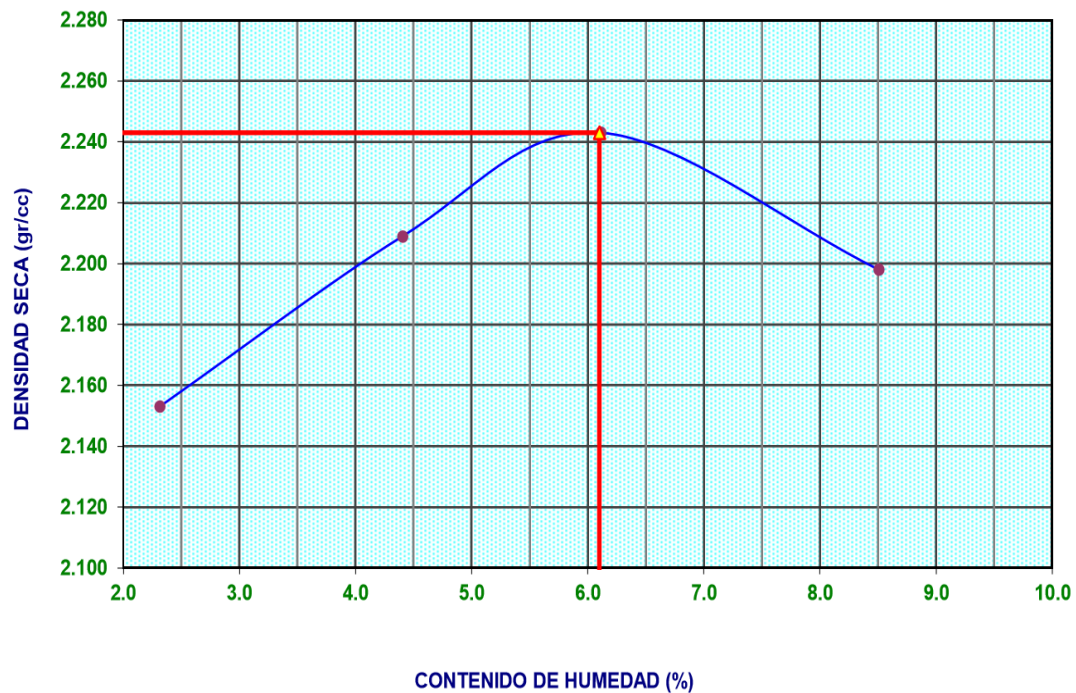


CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	22.92
LIMITE PLASTICO	17.39
INDICE DE PLASTICIDAD	5.53

OBSERVACIONES

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2090	PESO DEL MOLDE (gr): 6080			
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE		10684	10900	11055	11065
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		4604	4820	4975	4985
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		2.203	2.306	2.380	2.385
CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nro.		1	2	3	4
PESO SUELO HUMEDO		500.00	500.00	500.00	500.00
PESO SUELO SECO		488.70	478.90	471.20	460.80
PESO DE LA TARA					
PESO DE AGUA		11.30	21.10	28.80	39.20
PESO DE SUELO SECO		488.70	478.90	471.20	460.80
CONTENIDO DE AGUA		2.31	4.41	6.11	8.51
PESO VOLUMETRICO SECO		2.153	2.209	2.243	2.198
DENSIDAD MAXIMA SECA:	2.243	HUMEDAD OPTIMA: 6.10 %			

GRAFICO DEL PROCTOR



**ENSAYO DE CBR**  
**MTC E-132 - ASTM D-1883**

<b>Molde N°</b>	6		7		8	
<b>N° Capa</b>	5		5		5	
<b>Golpes por capa N°</b>	56		25		12	
<b>Cond. De la muestra</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>SATURADO</b>
Peso molde + Suelo húmedo	11565		11112		11411	
Peso de molde (gr)	6770		6550		6900	
Peso del suelo húmedo (gr)	4795		4562		4511	
Volumen del molde (cc)	2018		2010		2091	
Densidad húmeda (gr/cc)	2.376		2.270		2.157	
% de humedad	6.20		6.000		6.11	
Densidad seca (gr/cc)	2.237		2.142		2.033	
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo ( gr. )	500.00		500.00		500.00	
Tarro + Suelo seco ( gr. )	470.80		471.70		471.20	
Peso del Agua ( gr. )	29.20		28.30		2.80	
Peso del tarro ( gr. )						
Peso del suelo seco ( gr. )	470.8		471.70		471.20	
% de humedad	6.20		6.00		6.11	
Promedio de Humedad (%)	6.20		6.00		6.11	

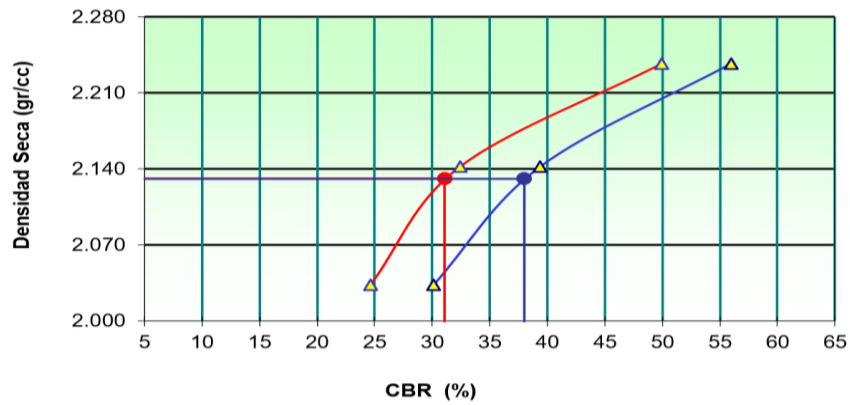
## EXPANSION

[illegible]

## PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. Kg/cm2	MOLDE N° 6				MOLDE N° 7				MOLDE N° 8			
		CARGAS		CORRECCION		CARGAS		CORRECCION		CARGAS		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		23	8			20	7			10	4		
0.050		65	19			40	12			22	7		
0.075		94	27			62	18			36	11		
0.100	70	121	34	35.12	50.0	80	23	22.79	32.4	68	20	17.31	24.6
0.150		187	52			116	33			90	26		
0.200		212	59			137	39			112	32		
0.250	105.46	236	65	59.02	56.0	182	51	41.52	39.4	134	38	31.75	30.1
0.300		272	75			205	57			147	41		
0.400		305	84			238	66			170	47		

## GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R AL 100% DE M.D.D. (%)	0.1''	50.0	.2''	56.0
C.B.R AL 95% DE M.D.D. (%)	0.1''	31.1	.2''	38.0

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.243	gr/cc
Óptimo Humedad	6.10	

## OBSERVACIONES:

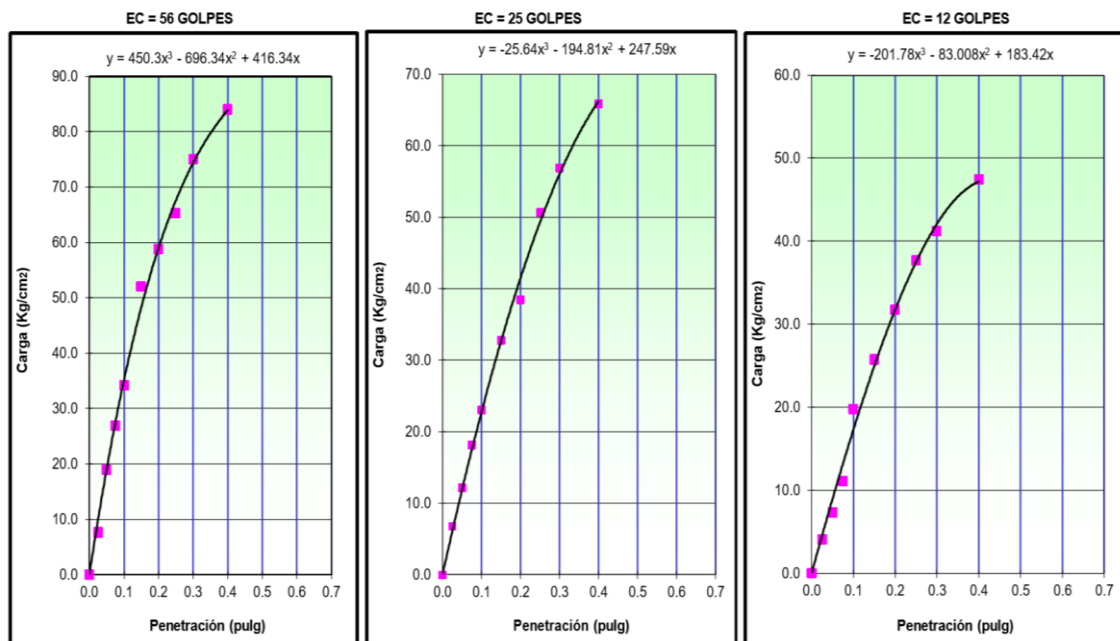
---



---



---





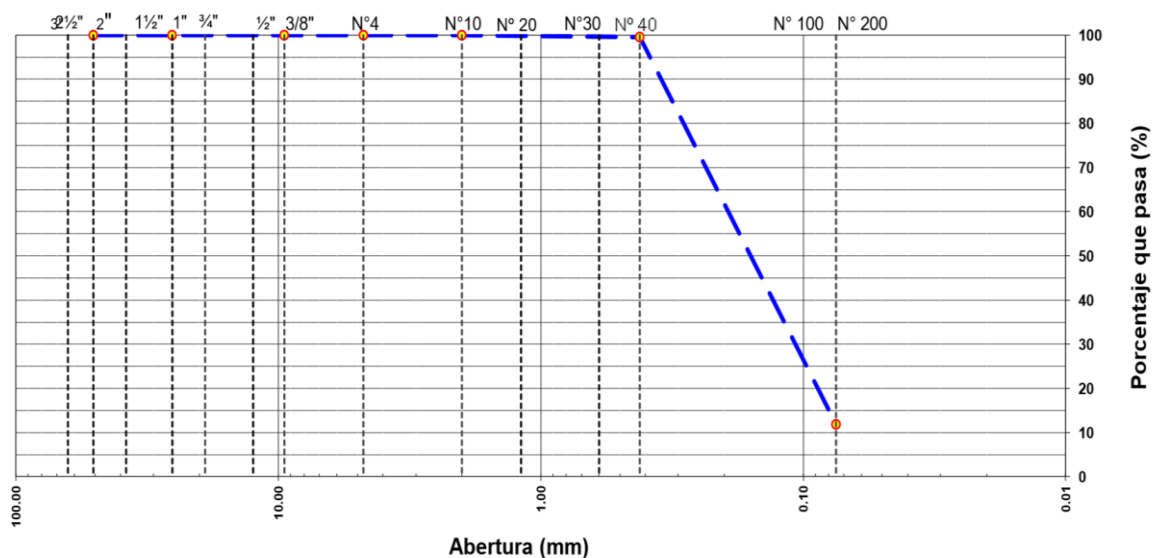
PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: 31/04/2019

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
MTC E-204 – ASTM D-422

MATERIAL : SUB RASANTE EXISTENTE  
 UBICACIÓN : CALICATA N° 04 km 8+650 LADO DERECHO  
 PROFUNDIDAD : DE : 0.60 – 1.80 mts.

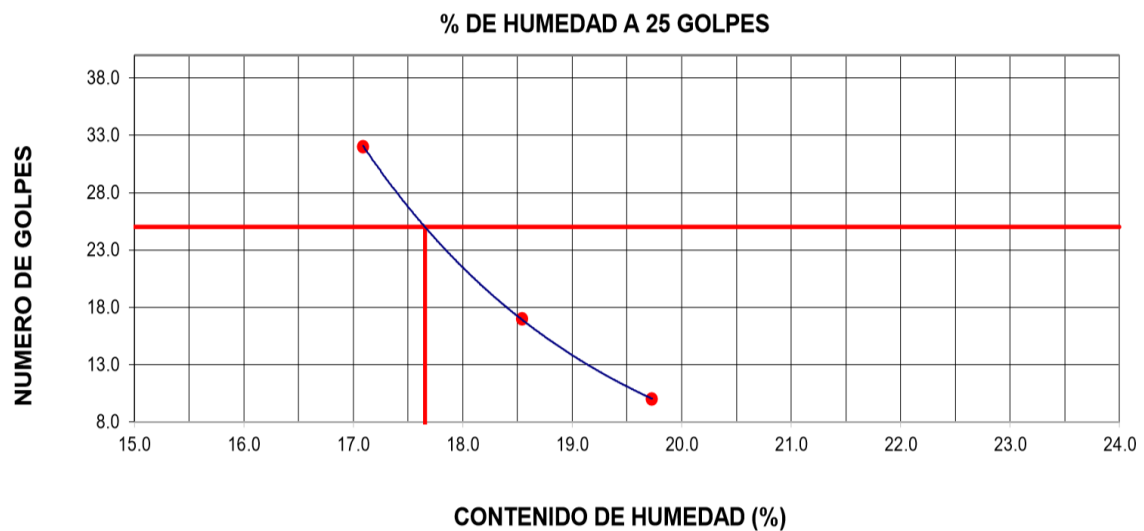
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL	=	300.0	gr
2 1/2"	63.500						PESO FINO	=	300.0	gr
2"	50.800									
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO	=	22.03	%
1"	25.400						LIMITE PLASTICO	=	20.39	%
3/4"	19.050						INDICE PLASTICO	=	1.64	%
1/2"	12.500						CLASF. AASHTO	=	A-2-4	(0)
3/8"	9.500						CLASF. SUCCS	=	SP - SM	
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	=	1.840	gr/cc
# 4	4.750						HUMEDAD OPT.	=	11.6	%
# 8	2.360						CBR AL 100 % 0.1"	=	22.6	%
# 10	2.000				100.0		CBR AL 95 % 0.1"	=	19.8	%
# 20	1.190						Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	
# 30	0.600									
# 40	0.420	13.6	4.5	4.5	95.5		IMPUREZAS ORGANICAS :			
# 50	0.300						N° COLOR ORGANICO	=	-	
# 100	0.150	228.7	76.2	80.8	19.2		COLOR ESTANDAR	=	-	
# 200	0.075	31.2	10.4	91.2	8.8		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
< # 200		26.5	8.8	100.0				392.3	331.5	18.4%
FRACCION		300.0								
TOTAL		300.0								

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
N° TARRO	21	8	7	
TARRO + SUELO HUMEDO	35.88	33.22	55.71	
TARRO + SUELO SECO	31.66	29.60	52.07	
AGUA	4.22	3.62	3.64	
PESO DEL TARRO	10.27	10.08	30.77	
PESO DEL SUELO SECO	21.39	19.52	21.30	
% DE HUMEDAD	19.73	18.55	17.09	
N° DE GOLPES	10	17	32	

LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
N° TARRO	15	19		
TARRO + SUELO HUMEDO	13.18	30.00		
TARRO + SUELO SECO	12.20	28.94		
AGUA	0.98	1.06		
PESO DEL TARRO	6.00	22.44		
PESO DEL SUELO SECO	6.20	6.50		
% DE HUMEDAD	15.81	16.31		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	17.66
LIMITE PLASTICO	16.06
INDICE DE PLASTICIDAD	1.60

OBSERVACIONES

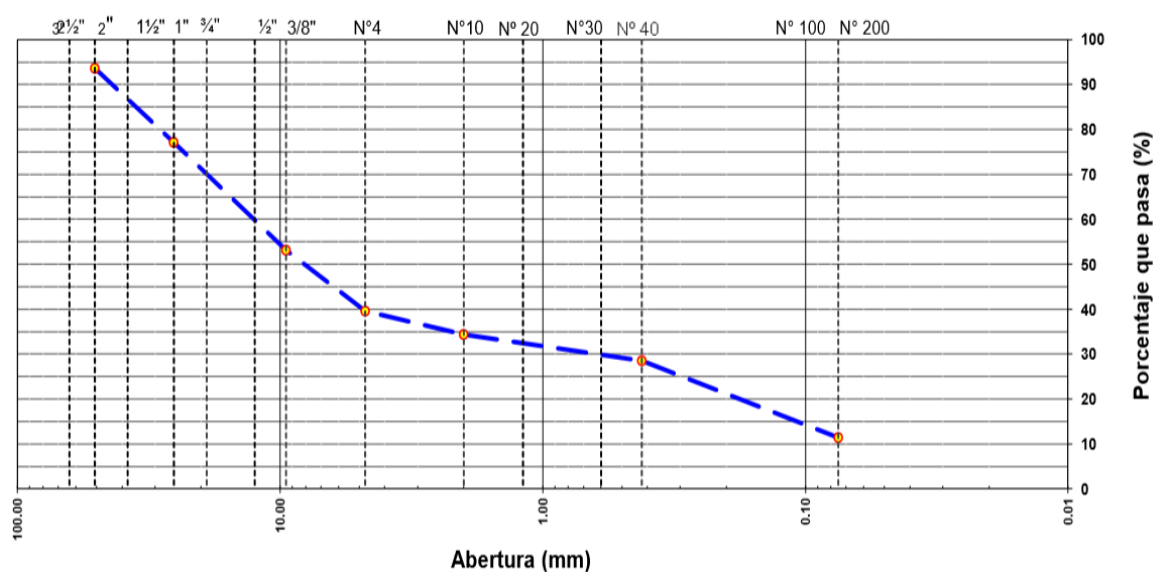
PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: 31/04/2019

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
MTC E-204 – ASTM D-422

MATERIAL : SUB RASANTE EXISTENTE  
 UBICACIÓN : CALICATA N° 05 KM 8+850 LADO DERECHO  
 PROFUNDIDAD : DE : 0.00 – 0.40 mts.

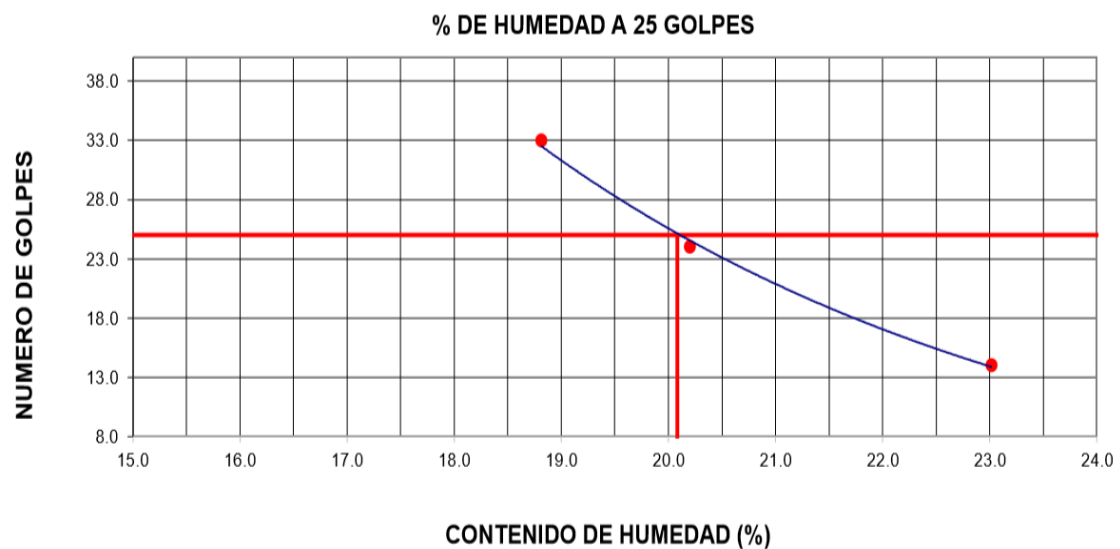
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL	=	10626.0	gr
2 1/2"	63.500				100.0		PESO FINO	=	300.0	gr
2"	50.800	678.0	6.4	6.4	93.6					
1 1/2"	38.100	918.0	8.6	15.0	85.0		LIMITE LIQUIDO	=	20.08	%
1"	25.400	839.0	7.9	22.9	77.1		LIMITE PLASTICO	=	15.92	%
3/4"	19.050	764.0	7.2	30.1	69.9		INDICE PLASTICO	=	4.16	%
1/2"	12.500	945.0	8.9	39.0	61.0		CLASF. AASHTO	=	A-1-a	( 0)
3/8"	9.500	835.0	7.9	46.9	53.1		CLASF. SUCCS	=	GP - GC	
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	=		gr/cc
# 4	4.750	1445.0	13.6	60.5	39.5		HUMEDAD OPT.	=		%
# 8	2.360						CBR AL 95 % 0.1"	=		%
# 10	2.000	39.2	5.2	65.6	34.4		CBR AL 100 % 0.1"	=		%
# 20	1.190						Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	
# 30	0.600									
# 40	0.420	43.9	5.8	71.4	28.6		IMPUREZAS ORGANICAS : 3.0 %			
# 50	0.300						N° COLOR ORGANICO	=	-	
# 100	0.150	82.2	10.8	82.3	17.8		COLOR ESTANDAR	=	-	
# 200	0.075	48.0	6.3	88.6	11.4		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
< # 200		86.7	11.4	100.0				11014.0	10526.0	4.64%
FRACCION		300.0								
TOTAL		10626.0								

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
N° TARRO	19	13	9	
TARRO + SUELO HUMEDO	52.43	30.60	57.68	
TARRO + SUELO SECO	47.39	26.69	52.72	
AGUA	5.04	3.91	4.96	
PESO DEL TARRO	22.44	5.91	31.17	
PESO DEL SUELO SECO	24.95	20.78	21.55	
% DE HUMEDAD	20.20	18.82	23.02	
N° DE GOLPES	24	33	14	

LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
N° TARRO	4	12		
TARRO + SUELO HUMEDO	34.88	16.55		
TARRO + SUELO SECO	32.95	15.17		
AGUA	1.93	1.48		
PESO DEL TARRO	20.70	5.97		
PESO DEL SUELO SECO	12.25	9.20		
% DE HUMEDAD	15.76	16.09		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	20.08
LIMITE PLASTICO	15.92
INDICE DE PLASTICIDAD	4.16

OBSERVACIONES

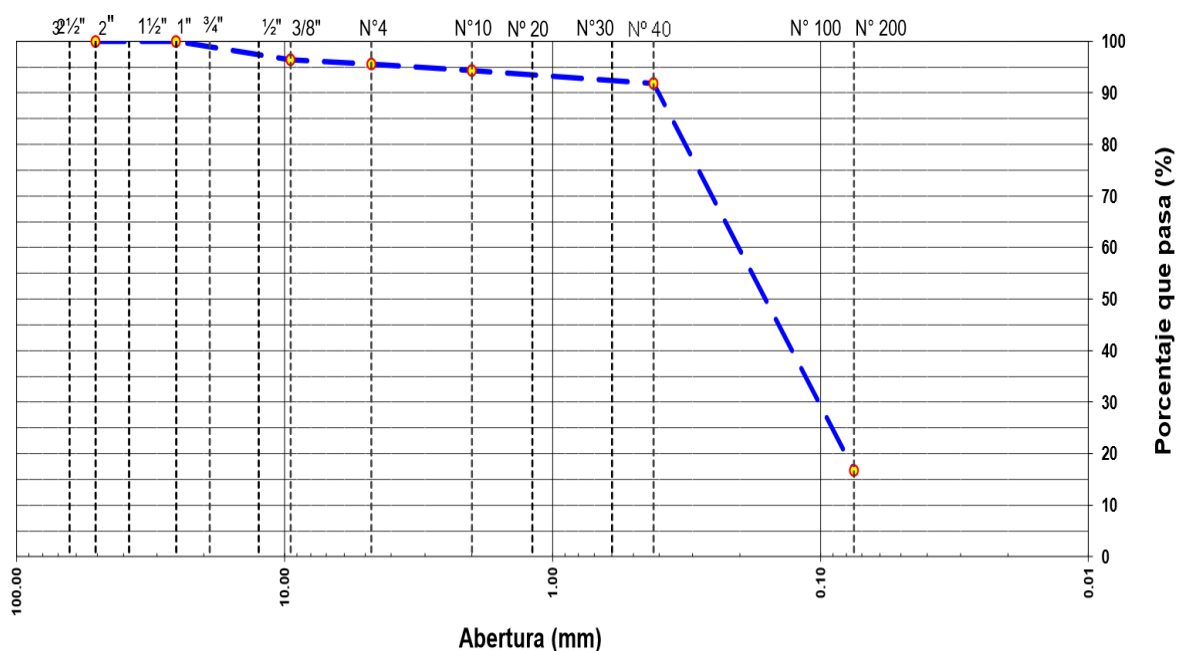
PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: 31/04/2019

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
MTC E-204 – ASTM D-422

MATERIAL : SUB RASANTE EXISTENTE  
 UBICACIÓN : CALICATA N° 05 KM 8+850 LADO DERECHO  
 PROFUNDIDAD : DE : 0.40 – 1.20 mts.

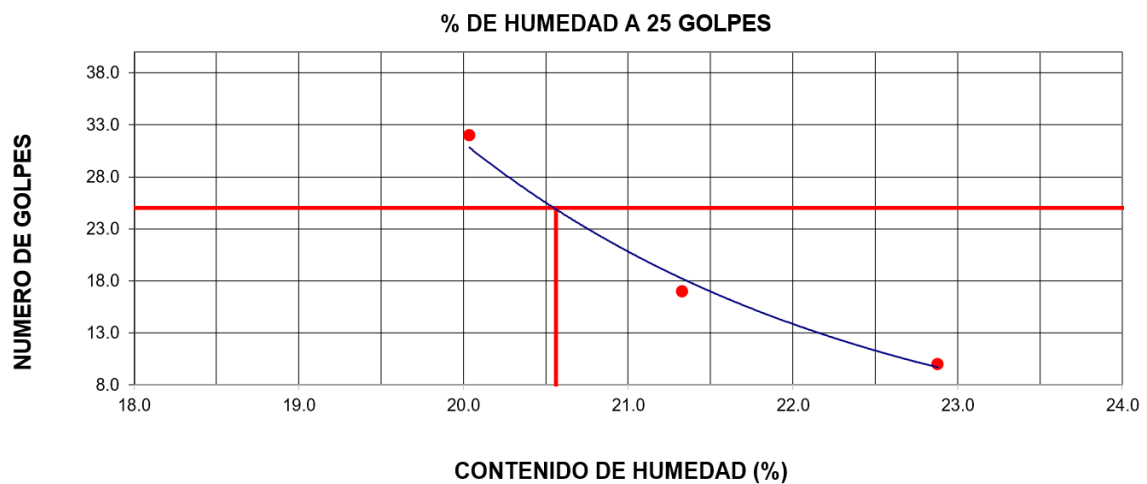
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL	=	300.0	gr
2 1/2"	63.500						PESO FINO	=	300.0	gr
2"	50.800									
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO	=	20.56	%
1"	25.400						LIMITE PLASTICO	=	17.33	%
3/4"	19.050						INDICE PLASTICO	=	3.24	%
1/2"	12.500				100.0		CLASF. AASHTO	=	A-2-4	(0)
3/8"	9.500	10.8	3.6	3.6	96.4		CLASF. SUCCS	=	SM	
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	=		gr/cc
# 4	4.750	2.5	0.8	4.4	95.6		HUMEDAD OPT.	=		%
# 8	2.360						CBR AL 100 % 0.1"	=		%
# 10	2.000	3.8	1.2	5.6	94.4		CBR AL 95 % 0.1"	=		%
# 20	1.190						Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	
# 30	0.600									
# 40	0.420	7.9	2.5	8.2	91.8		IMPUREZAS ORGANICAS : 3.0 %			
# 50	0.300						N° COLOR ORGANICO	=	-	
# 100	0.150	187.5	59.7	67.9	32.1		COLOR ESTANDAR	=	-	
# 200	0.075	48.1	15.3	83.2	16.8		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
< # 200		52.7	16.8	100.0				308.3	270.4	14.0%
FRACCION		300.0								
TOTAL		300.0								

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
Nº TARRO	1	6	23	
TARRO + SUELO HUMEDO	51.91	53.52	33.74	
TARRO + SUELO SECO	48.00	49.60	31.56	
AGUA	3.91	3.92	2.18	
PESO DEL TARRO	30.91	31.22	20.68	
PESO DEL SUELO SECO	17.09	18.38	10.88	
% DE HUMEDAD	22.88	21.33	20.04	
Nº DE GOLPES	10	17	32	

LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
Nº TARRO	15	19		
TARRO + SUELO HUMEDO	13.28	30.06		
TARRO + SUELO SECO	12.20	28.94		
AGUA	1.08	1.12		
PESO DEL TARRO	6.00	22.44		
PESO DEL SUELO SECO	6.20	6.50		
% DE HUMEDAD	17.42	17.23		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	20.56
LIMITE PLASTICO	17.33
INDICE DE PLASTICIDAD	3.24

OBSERVACIONES

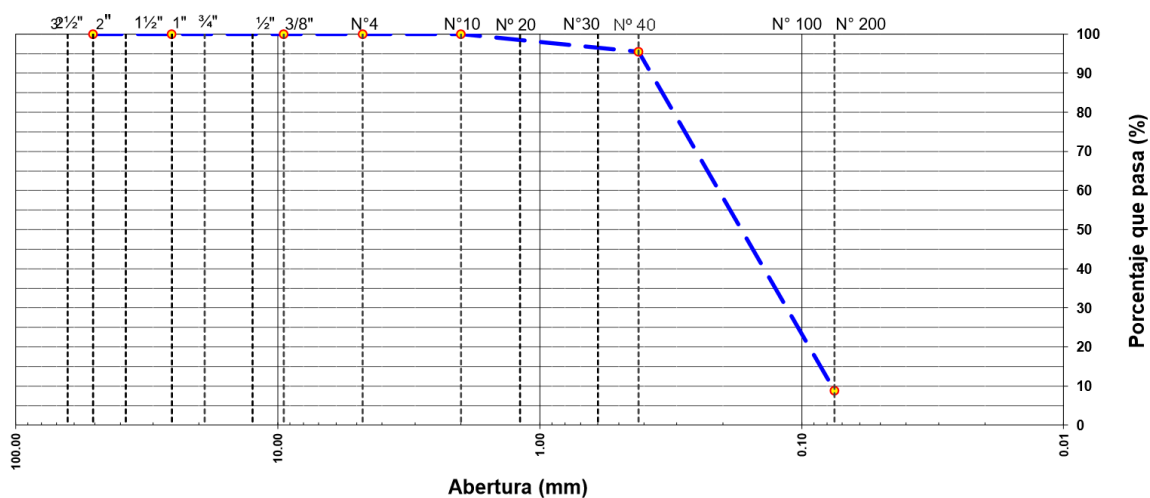
PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: 31/04/2019

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
MTC E-204 – ASTM D-422

MATERIAL : SUB RASANTE EXISTENTE  
 UBICACIÓN : CALICATA N° 06 km 9+000 LADO EJE  
 PROFUNDIDAD : DE : 0.30 – 1.80 mts.

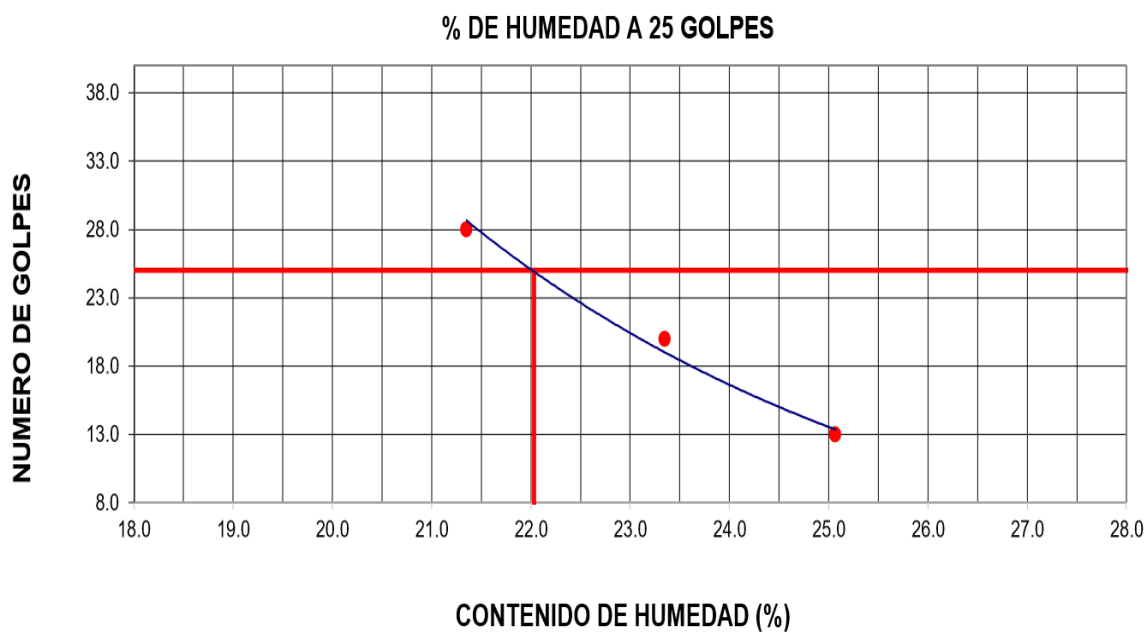
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL	=	300.0	gr
2 1/2"	63.500						PESO FINO	=	300.0	gr
2"	50.800									
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO	=	20.39	%
1"	25.400						LIMITE PLASTICO	=	20.39	%
3/4"	19.050						INDICE PLASTICO	=	1.64	%
1/2"	12.500						CLASF. AASHTO	=	A-2-4	(0)
3/8"	9.500						CLASF. SUCCS	=	SP - SM	
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	=	1.840	gr/cc
# 4	4.750						HUMEDAD OPT.	=	11.60	%
# 8	2.360						CBR AL 100 % 0.1"	=	22.6	%
# 10	2.000				100.0		CBR AL 95 % 0.1"	=	19.8	%
# 20	1.190						Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	
# 30	0.600									
# 40	0.420	13.6	4.5	4.5	95.5		IMPUREZAS ORGANICAS : 3.0 %			
# 50	0.300						N° COLOR ORGANICO	=	-	
# 100	0.150	228.7	76.2	80.8	19.2		COLOR ESTANDAR	=	-	
# 200	0.075	31.2	10.4	91.2	8.8		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
< # 200		26.5	8.8	100.0				392.3	331.5	18.4%
FRACCION		300.0								
TOTAL		300.0								

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
N° TARRO	7	12	13	
TARRO + SUELO HUMEDO	58.41	63.49	66.82	
TARRO + SUELO SECO	52.87	58.75	62.23	
AGUA	5.54	4.74	4.59	
PESO DEL TARRO	30.77	38.45	40.73	
PESO DEL SUELO SECO	22.10	20.30	21.35	
% DE HUMEDAD	25.07	23.35	21.35	
N° DE GOLPES	13	20	28	

LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
N° TARRO	11	16		
TARRO + SUELO HUMEDO	15.09	15.83		
TARRO + SUELO SECO	13.54	14.83		
AGUA	1.55	1.64		
PESO DEL TARRO	6.04	6.04		
PESO DEL SUELO SECO	7.50	8.15		
% DE HUMEDAD	20.67	20.12		



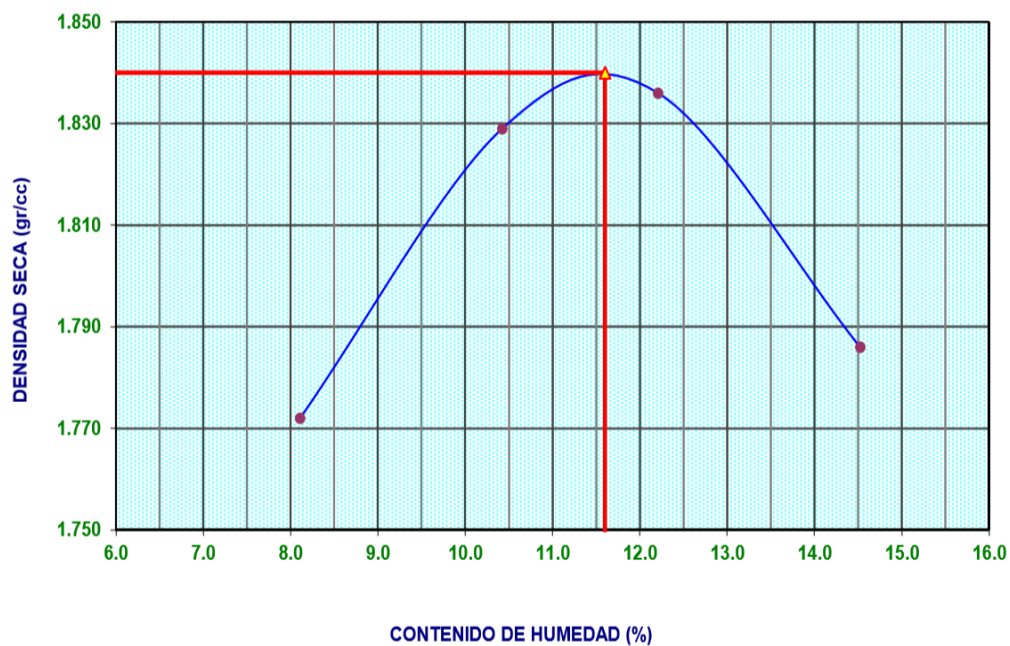
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	22.92
LIMITE PLASTICO	17.39
INDICE DE PLASTICIDAD	5.53

OBSERVACIONES



VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2090	PESO DEL MOLDE (gr): 6080				
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4		
PESO SUELO + MOLDE	10084	10300	11385	11355		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4004	4220	4305	4275		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.916	2.019	2.060	2.045		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO	500.00	500.00	500.00	500.00		
PESO SUELO SECO	462.50	452.80	445.60	436.60		
PESO DE LA TARA						
PESO DE AGUA	37.50	47.20	54.40	36.40		
PESO DE SUELO SECO	462.50	452.80	445.60	436.60		
CONTENIDO DE AGUA	8.11	10.42	12.21	14.52		
PESO VOLUMETRICO SECO	1.772	1.829	1.836	1.786		
DENCIDAD MAXIMA SECA:	1.840	HUMEDAD OPTIMA:		11.10	%	

### GRAFICO DEL PROCTOR



**ENSAYO DE CBR**  
**MTC E-132 - ASTM D-1883**

<b>Molde N°</b>	8		7		6	
<b>N° Capa</b>	5		5		5	
<b>Golpes por capa N°</b>	56		25		12	
<b>Cond. De la muestra</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>SATURADO</b>
Peso molde + Suelo húmedo	109955		10405		10475	
Peso de molde (gr)	6925		6585		6805	
Peso del suelo húmedo (gr)	4070		3820		3670	
Volumen del molde (cc)	2018		2014		2012	
Densidad húmeda (gr/cc)	2.017		1.897		1.824	
% de humedad	11.61		11.510		11.71	
Densidad seca (gr/cc)	1.807		1.701		1.633	
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo ( gr. )	500.00		500.00		500.00	
Tarro + Suelo seco ( gr. )	448.00		448.40		447.60	
Peso del Agua ( gr. )	52.00		51.60		52.40	
Peso del tarro ( gr. )						
Peso del suelo seco ( gr. )	448		448.40		447.60	
% de humedad	11.61		11.51		11.71	
Promedio de Humedad (%)	11.61		11.51		11.71	

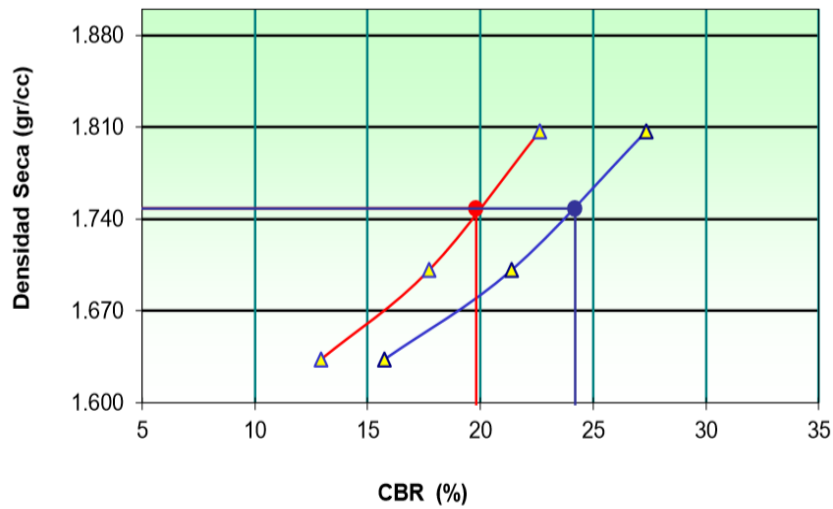
## EXPANSION

[illegible]

## PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. Kg/cm2	MOLDE N° 6				MOLDE N° 7				MOLDE N° 8			
		CARGAS		CORRECCION		CARGAS		CORRECCION		CARGAS		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		8	4			8	4			4	2		
0.050		28	9			20	7			12	5		
0.075		36	11			28	9			20	7		
0.100	70	56	17	15.91	22.6	40	12	12.46	17.7	28	9	9.09	12.9
0.150		80	23			64	19			44	13		
0.200		100	28			76	22			56	17		
0.250	105.46	120	34	28.85	27.4	92	26	22.5	21.4	68	20	16.61	15.7
0.300		130	37			102	29			72	21		
0.400		134	38			106	30			76	22		

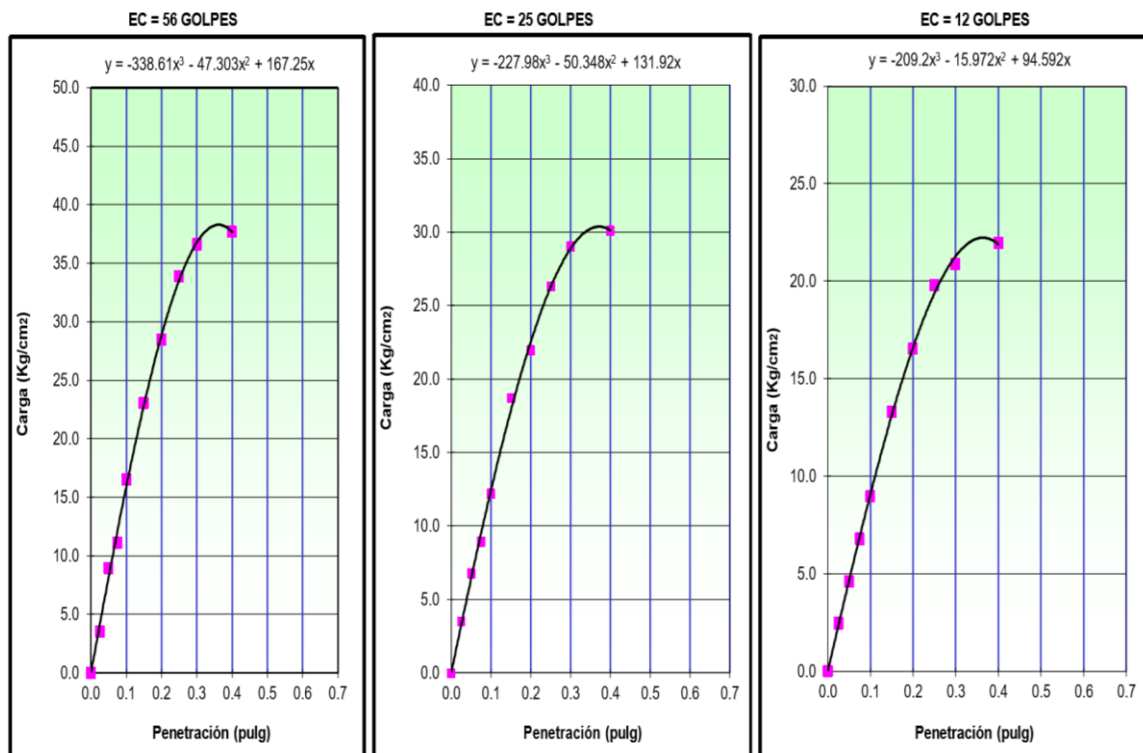
# GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R AL 100% DE M.D.D. (%)	0.1''	22.6	0.2''	27.4
C.B.R AL 95% DE M.D.D. (%)	0.1''	19.8	0.2''	24.2

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.840	gr/cc
Optimo Humedad	11.60	%

OBSERVACIONES:



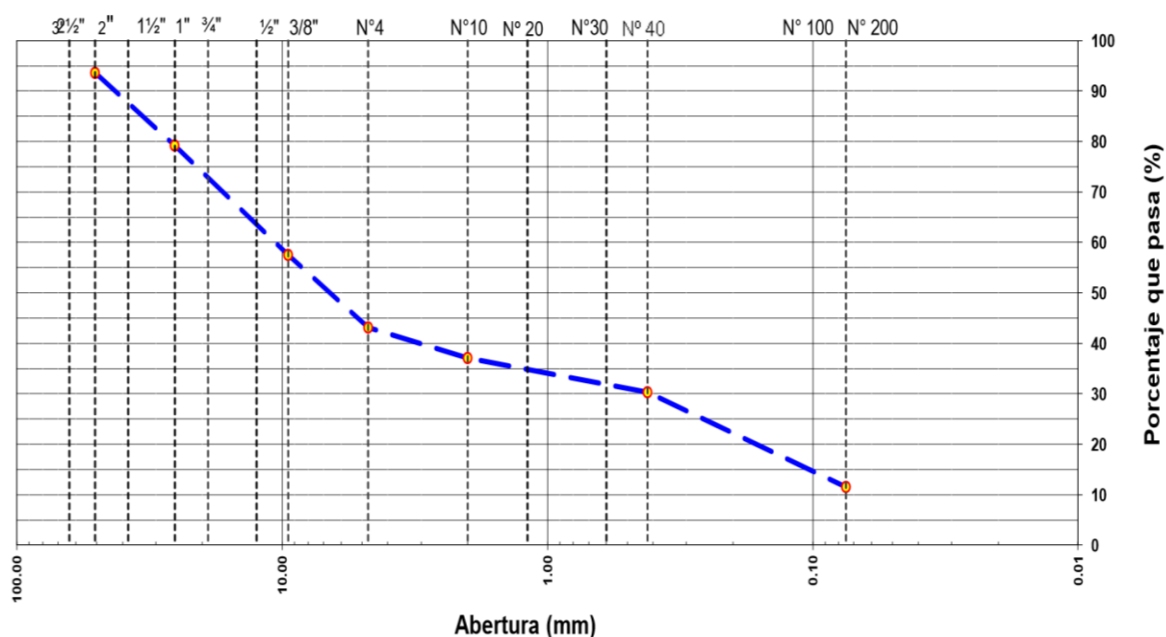
PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: 31/04/2019

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
MTC E-204 – ASTM D-422

MATERIAL : SUB RASANTE EXISTENTE  
 UBICACIÓN : CALICATA N° 07 KM 9+250 LADO EJE  
 PROFUNDIDAD : DE : 0.00 – 0.50 mts.

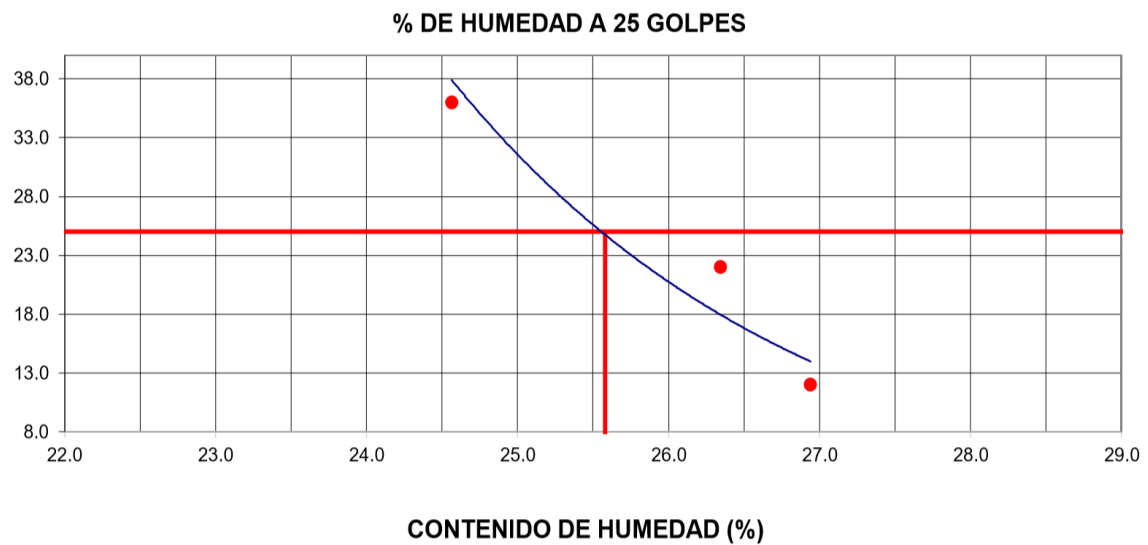
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL	=	11096.0	gr
2 1/2"	63.500				100.0		PESO FINO	=	300.0	gr
2"	50.800	705.0	6.4	6.4	93.7					
1 1/2"	38.100	885.0	8.0	14.3	85.7		LIMITE LIQUIDO	=	25.58	%
1"	25.400	715.0	6.4	20.8	79.2		LIMITE PLASTICO	=	18.50	%
3/4"	19.050	655.0	5.9	26.7	73.3		INDICE PLASTICO	=	7.08	%
1/2"	12.500	1005.0	9.1	35.7	64.3		CLASF. AASHTO	=	A-2-4	(0)
3/8"	9.500	745.0	6.7	42.4	57.6		CLASF. SUCCS	=	GP - GC	
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	=		gr/cc
# 4	4.750	1597.0	14.4	56.8	43.2		HUMEDAD OPT.	=		%
# 8	2.360						CBR AL 95 % 0.1"	=		%
# 10	2.000	42.2	6.1	62.9	37.1		CBR AL 100 % 0.1"	=		%
# 20	1.190						Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	
# 30	0.600									
# 40	0.420	46.9	6.8	69.7	30.4		IMPUREZAS ORGANICAS : 3.0 %			
# 50	0.300						N° COLOR ORGANICO	=	-	
# 100	0.150	80.9	11.6	81.3	18.7		COLOR ESTANDAR	=	-	
# 200	0.075	50.0	7.2	88.5	11.5		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
< # 200		80.0	11.5	100.0				1000.0	945.0	5.8%
FRACCION		300.0								
TOTAL		11096.0								

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
Nº TARRO	6	9	3	
TARRO + SUELO HUMEDO	49.67	48.77	52.09	
TARRO + SUELO SECO	45.75	45.10	47.99	
AGUA	3.92	3.67	4.10	
PESO DEL TARRO	31.20	31.17	31.30	
PESO DEL SUELO SECO	14.55	13.93	16.69	
% DE HUMEDAD	26.94	26.35	24.57	
Nº DE GOLPES	12	22	36	

LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
Nº TARRO	12	15		
TARRO + SUELO HUMEDO	13.52	15.50		
TARRO + SUELO SECO	12.35	14.00		
AGUA	1.17	1.50		
PESO DEL TARRO	5.97	5.96		
PESO DEL SUELO SECO	6.38	8.04		
% DE HUMEDAD	18.34	18.66		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	25.58
LIMITE PLASTICO	18.50
INDICE DE PLASTICIDAD	7.08

OBSERVACIONES

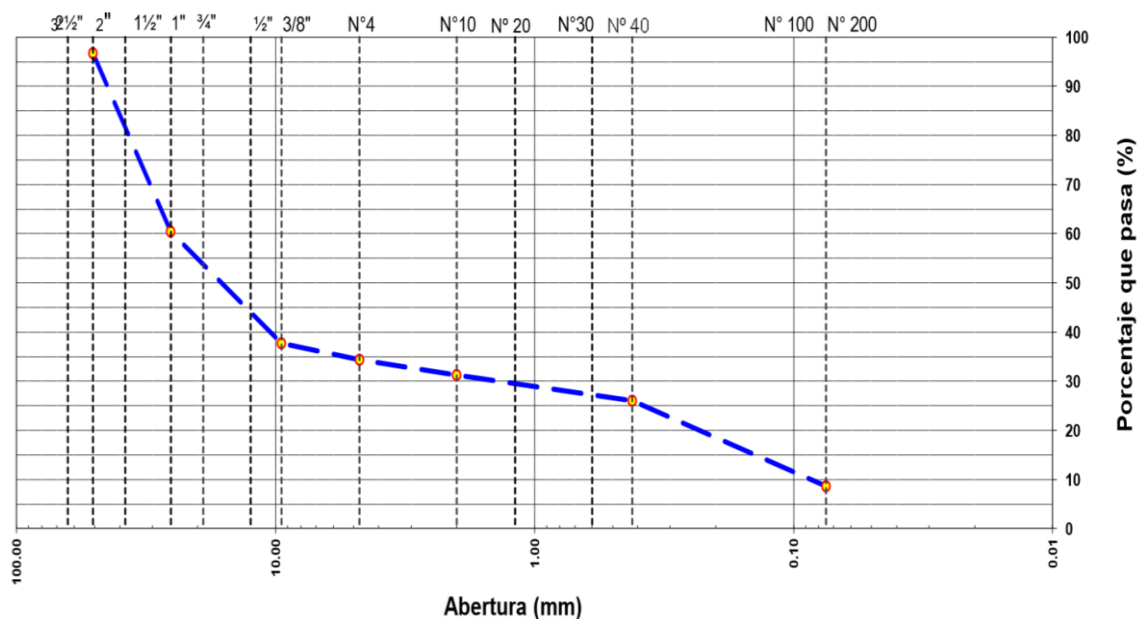
PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: 31/04/2019

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
MTC E-204 – ASTM D-422

MATERIAL : SUB RASANTE EXISTENTE  
 UBICACIÓN : CALICATA N° 07 KM 9+250 LADO EJE  
 PROFUNDIDAD : DE : 0.50 – 1.50 mts.

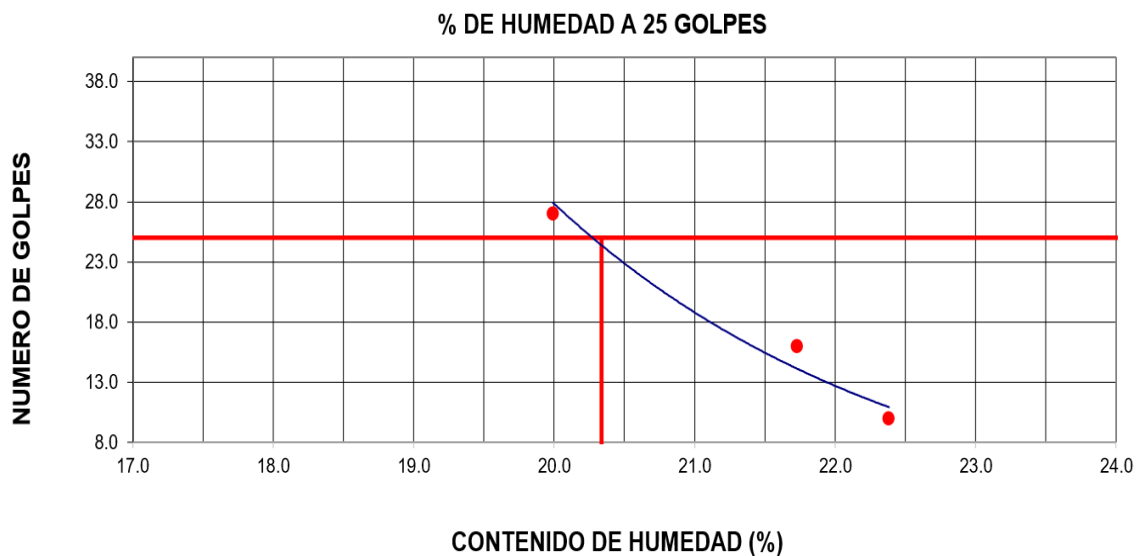
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL	=	7460.0	gr
2 1/2"	63.500				100.0		PESO FINO	=	300.0	gr
2"	50.800	243.0	3.3	3.3	96.7					
1 1/2"	38.100	644.0	8.6	11.9	88.1		LIMITE LIQUIDO	=	20.34	%
1"	25.400	2061.0	27.6	39.5	60.5		LIMITE PLASTICO	=	18.34	%
3/4"	19.050	1004.0	13.5	53.0	47.0		INDICE PLASTICO	=	2.00	%
1/2"	12.500	521.0	7.0	60.0	40.0		CLASF. AASHTO	=	A-1-a	(0)
3/8"	9.500	176.0	2.4	62.3	37.7		CLASF. SUCCS	=	GP - GM	
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	=		gr/cc
# 4	4.750	244.0	3.3	65.6	34.4		HUMEDAD OPT.	=		%
# 8	2.360						CBR AL 95 % 0.1"	=		%
# 10	2.000	27.8	3.2	68.8	31.2		CBR AL 100 % 0.1"	=		%
# 20	1.190						Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	
# 30	0.600									
# 40	0.420	45.3	5.2	74.0	26.0		IMPUREZAS ORGANICAS : 3.0 %			
# 50	0.300						N° COLOR ORGANICO	=	-	
# 100	0.150	96.3	11.1	85.0	15.0		COLOR ESTANDAR	=	-	
# 200	0.075	55.2	6.3	91.4	8.6		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
< # 200		75.4	8.7	100.0				7730.0	7260.0	6.5%
FRACCION		300.0								
TOTAL		7460.0								

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
Nº TARRO	1	12	13	
TARRO + SUELO HUMEDO	63.40	68.31	70.98	
TARRO + SUELO SECO	57.46	62.98	65.94	
AGUA	5.94	5.33	5.04	
PESO DEL TARRO	30.92	38.45	40.73	
PESO DEL SUELO SECO	26.54	24.53	25.21	
% DE HUMEDAD	22.38	21.73	19.99	
Nº DE GOLPES	10	16	27	

LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
Nº TARRO	15	14		
TARRO + SUELO HUMEDO	13.36	14.46		
TARRO + SUELO SECO	12.22	13.14		
AGUA	1.14	1.32		
PESO DEL TARRO	5.96	5.99		
PESO DEL SUELO SECO	6.26	7.15		
% DE HUMEDAD	18.21	18.46		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	20.34
LIMITE PLASTICO	18.34
INDICE DE PLASTICIDAD	2.00

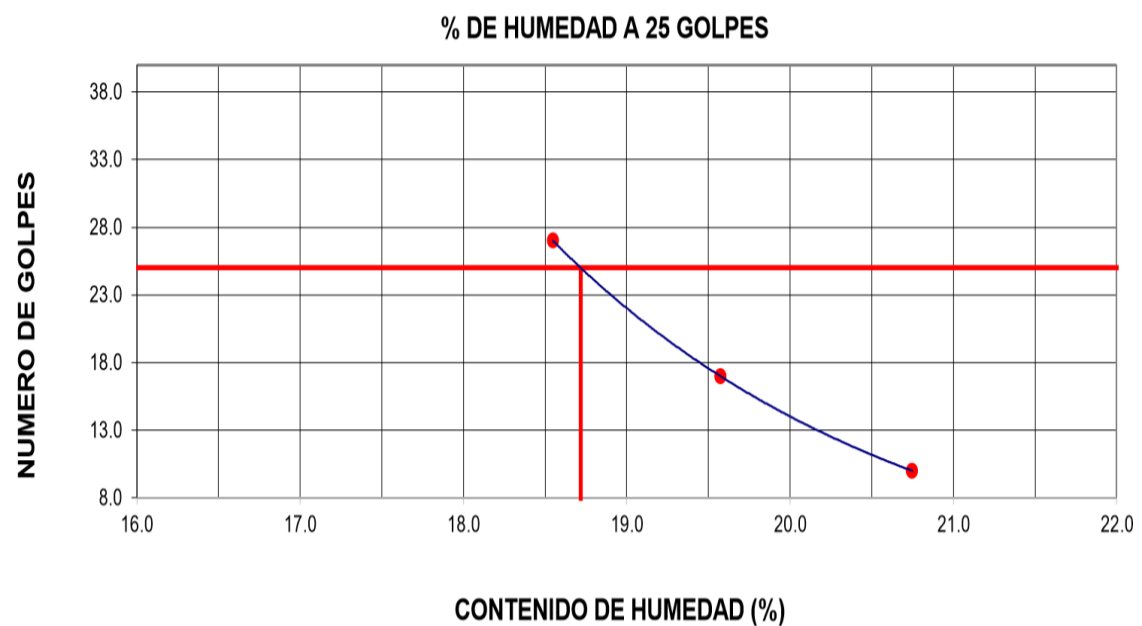
OBSERVACIONES





LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
N° TARRO	10	1	7	
TARRO + SUELO HUMEDO	58.90	56.70	56.40	
TARRO + SUELO SECO	54.13	52.48	52.39	
AGUA	4.77	4.22	4.01	
PESO DEL TARRO	31.14	30.92	30.77	
PESO DEL SUELO SECO	22.99	21.56	21.62	
% DE HUMEDAD	20.75	19.57	18.55	
N° DE GOLPES	10	17	27	

LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
N° TARRO	17	15		
TARRO + SUELO HUMEDO	14.70	15.00		
TARRO + SUELO SECO	13.50	13.65		
AGUA	1.20	1.35		
PESO DEL TARRO	6.01	5.96		
PESO DEL SUELO SECO	7.49	7.69		
% DE HUMEDAD	16.02	17.56		

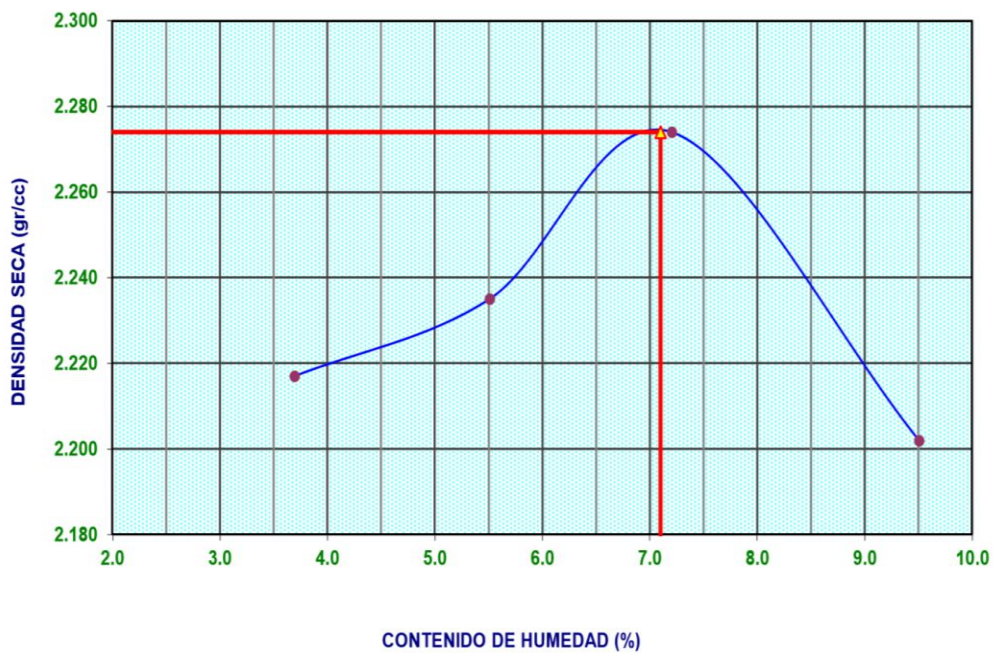


CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	18.72
LIMITE PLASTICO	16.79
INDICE DE PLASTICIDAD	1.93

OBSERVACIONES

VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2090	PESO DEL MOLDE (gr): 6080				
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE		10884	11008	11176	11120	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		4804	4928	5096	5040	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		2.299	2.358	2.438	2.411	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nro.		1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO		500.00	500.00	500.00	500.00	
PESO SUELO SECO		482.20	473.90	466.40	456.60	
PESO DE LA TARA						
PESO DE AGUA		3.69	5.51	7.20	9.51	
PESO DE SUELO SECO		482.20	473.90	466.40	456.60	
CONTENIDO DE AGUA		3.39	5.51	7.20	9.51	
PESO VOLUMETRICO SECO		2.217	2.235	2.274	2.202	
DENSIDAD MAXIMA SECA:	2.274	HUMEDAD OPTIMA: 7.10 %				

GRAFICO DEL PROCTOR



**ENSAYO DE CBR**  
**MTC E-132 - ASTM D-1883**

Molde N°	3		4		5	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. De la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + Suelo húmedo	12745		12555		12265	
Peso de molde (gr)	7592		7668		7618	
Peso del suelo húmedo (gr)	5153		4887		4647	
Volumen del molde (cc)	2119		2120		2105	
Densidad húmeda (gr/cc)	2.432		2.305		2.208	
% de humedad	7.11		7.20		7.16	
Densidad seca (gr/cc)	2.271		2.150		2.060	
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo ( gr. )	500.00		500.00		500.00	
Tarro + Suelo seco ( gr. )	466.80		466.40		466.60	
Peso del Agua ( gr. )	33.20		33.60		33.40	
Peso del tarro ( gr. )						
Peso del suelo seco ( gr. )	466.8		466.40		466.60	
% de humedad	7.11		7.20		7.16	
Promedio de Humedad (%)	7.11		7.20		7.16	

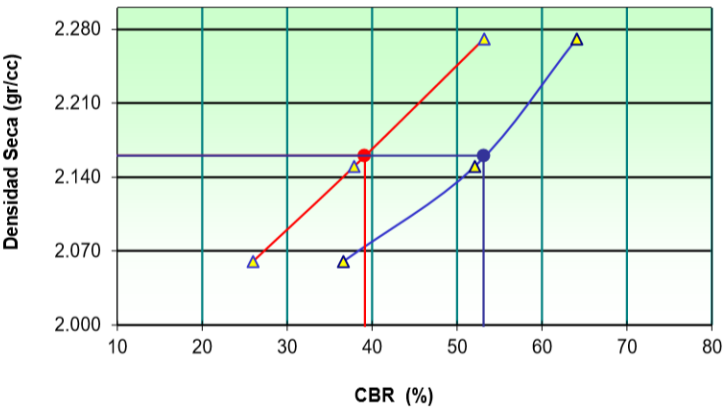
## EXPANSION

[illegible]

## PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. Kg/cm2	MOLDE N° 6				MOLDE N° 7				MOLDE N° 8			
		CARGAS		CORRECCION		CARGAS		CORRECCION		CARGAS		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		24	8			16	6			14	5		
0.050		48	14			36	11			28	9		
0.075		88	25			66	19			44	13		
0.100	70	140	39	37.38	53.2	102	29	26.62	37.9	66	19	18.25	26.0
0.150		212	59			156	44			98	28		
0.200		246	68			190	53	54.92	52.1	132	37	38.58	36.6
0.250	105.46	296	82	67.56	64.1	224	62			172	48		
0.300		310	85			310	85			216	60		
0.400		390	107			344	95			266	73		

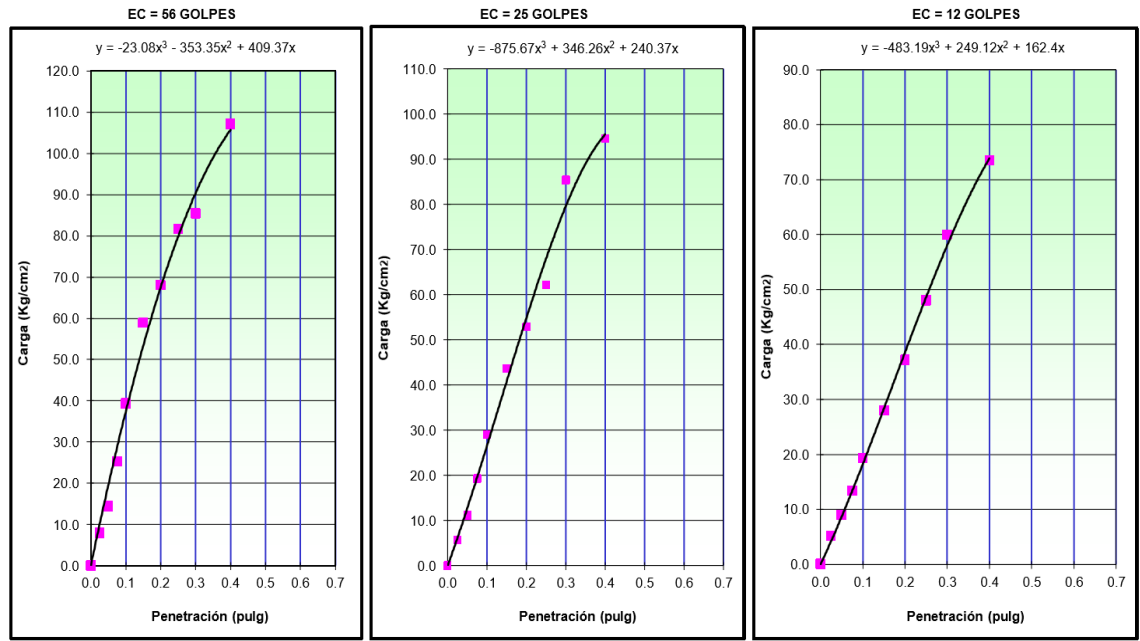
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R AL 100% DE M.D.D. (%)	0.1''	53.2	0.2''	64.1
C.B.R AL 95% DE M.D.D. (%)	0.1''	39.1	0.2''	53.1

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.274	gr/cc
Optimo Humedad	7.10	%

OBSERVACIONES:



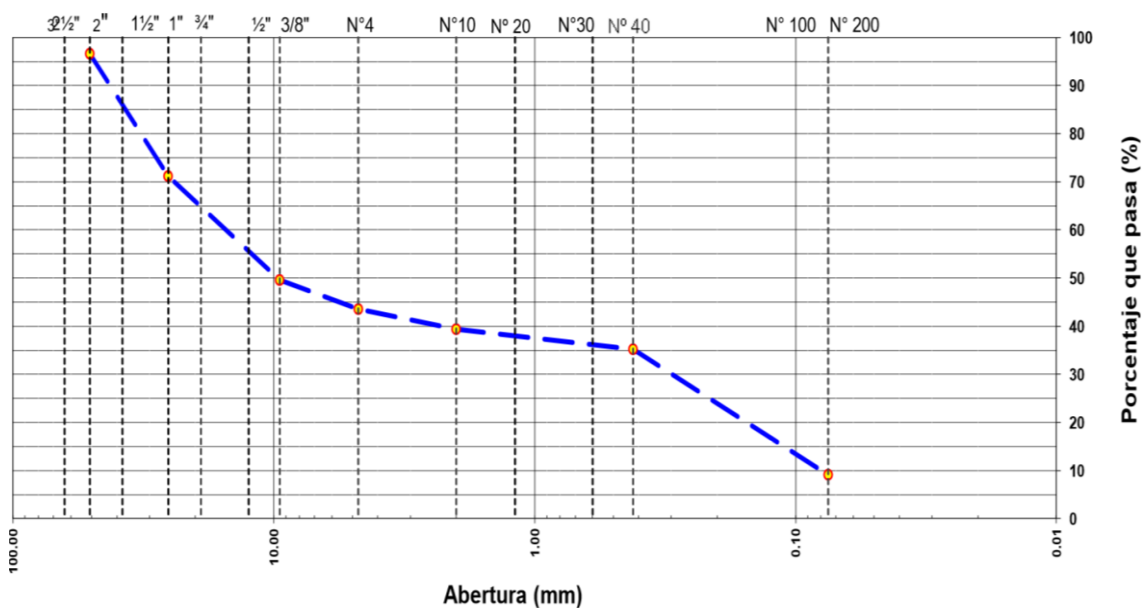
PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: 31/04/2019

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
MTC E-204 – ASTM D-422

MATERIAL : SUB RASANTE EXISTENTE  
 UBICACIÓN : CALICATA N° 09 KM 9+740 LADO DERECHO  
 PROFUNDIDAD : DE : 0.00 – 0.40 mts.

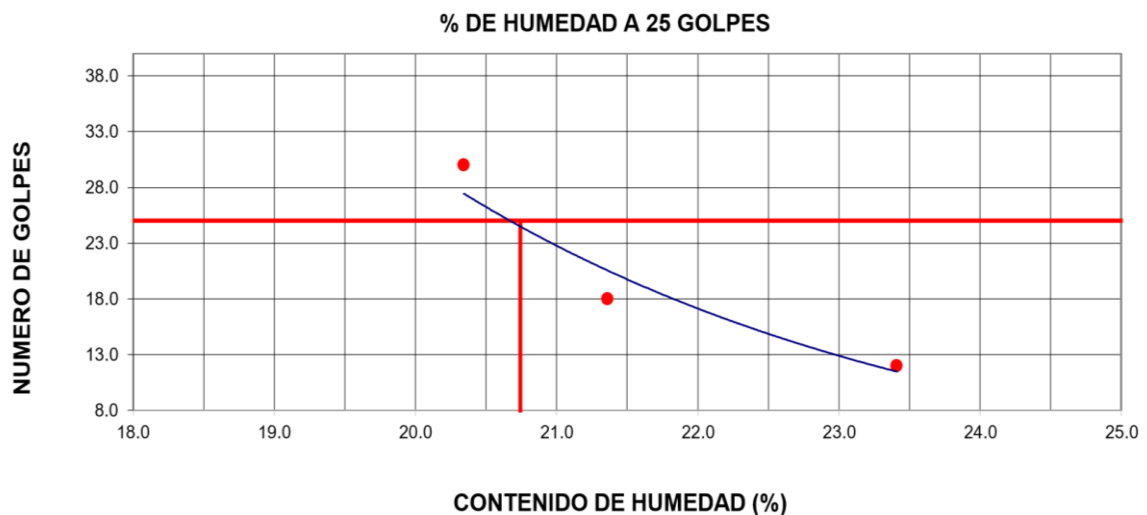
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL	=	8961.0	gr
2 1/2"	63.500				100.0		PESO FINO	=	300.0	gr
2"	50.800	305.0	3.4	3.4	96.6					
1 1/2"	38.100	715.0	8.0	11.4	88.6		LIMITE LIQUIDO	=	20.74	%
1"	25.400	1565.0	17.5	28.8	71.2		LIMITE PLASTICO	=	15.75	%
3/4"	19.050	855.0	9.5	38.4	61.6		INDICE PLASTICO	=	5.00	%
1/2"	12.500	755.0	8.4	46.8	53.2		CLASF. AASHTO	=	A-1-b	( 0 )
3/8"	9.500	320.0	3.6	50.4	49.6		CLASF. SUCCS	=	GP - GC	
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	=		gr/cc
# 4	4.750	540.0	6.0	56.4	43.6		HUMEDAD OPT.	=		%
# 8	2.360						CBR AL 95 % 0.1"	=		%
# 10	2.000	29.1	4.2	60.6	39.4		CBR AL 100 % 0.1"	=		%
# 20	1.190						Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	
# 30	0.600									
# 40	0.420	28.8	4.2	64.8	35.2		IMPUREZAS ORGANICAS : 3.0 %			
# 50	0.300						N° COLOR ORGANICO	=	-	
# 100	0.150	109.4	15.9	80.7	19.3		COLOR ESTANDAR	=	-	
# 200	0.075	70.2	10.2	90.9	9.1		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
< # 200		62.5	9.1	100.0				9210.0	8761.0	5.1%
FRACCION		300.0								
TOTAL		8961.0								

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
N° TARRO	6	9	10	
TARRO + SUELO HUMEDO	62.01	63.70	62.67	
TARRO + SUELO SECO	56.16	57.98	57.34	
AGUA	5.85	5.72	5.33	
PESO DEL TARRO	31.17	31.20	31.14	
PESO DEL SUELO SECO	24.99	26.78	26.20	
% DE HUMEDAD	23.41	21.36	20.34	
N° DE GOLPES	12	18	30	

LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
N° TARRO	17	16		
TARRO + SUELO HUMEDO	13.90	14.39		
TARRO + SUELO SECO	12.84	13.24		
AGUA	1.06	1.15		
PESO DEL TARRO	6.01	6.04		
PESO DEL SUELO SECO	6.93	7.20		
% DE HUMEDAD	15.52	15.97		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	20.74
LIMITE PLASTICO	15.75
INDICE DE PLASTICIDAD	5.00

OBSERVACIONES

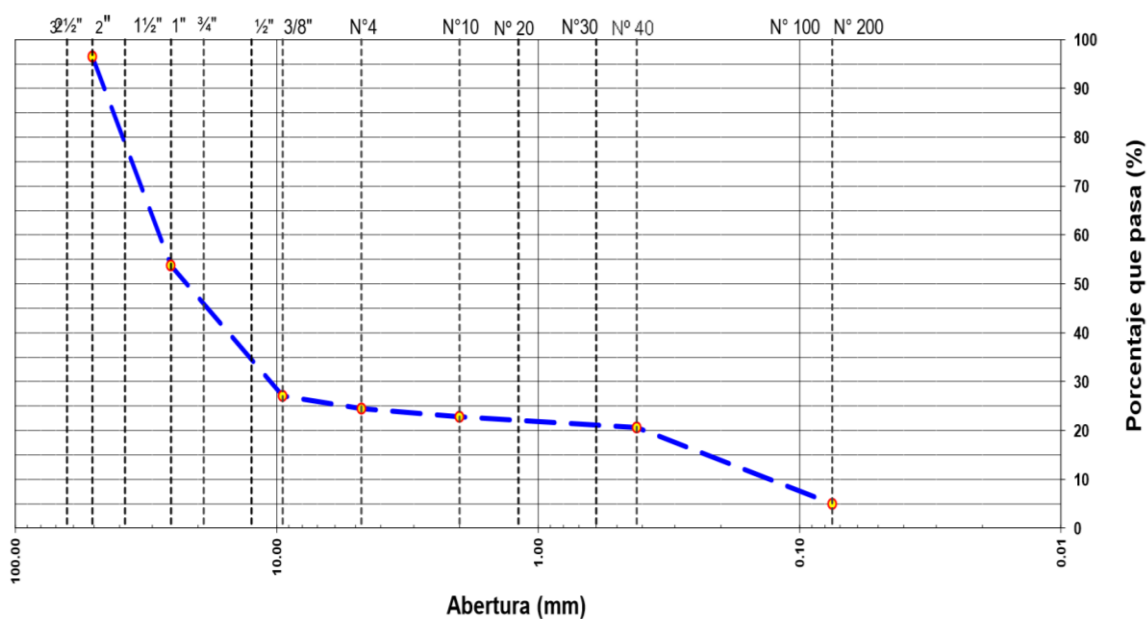
PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: 31/04/2019

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
MTC E-204 – ASTM D-422

MATERIAL : SUB RASANTE EXISTENTE  
 UBICACIÓN : CALICATA N° 09 KM 9+740 LADO DERECHO  
 PROFUNDIDAD : DE : 0.40 – 1.20 mts.

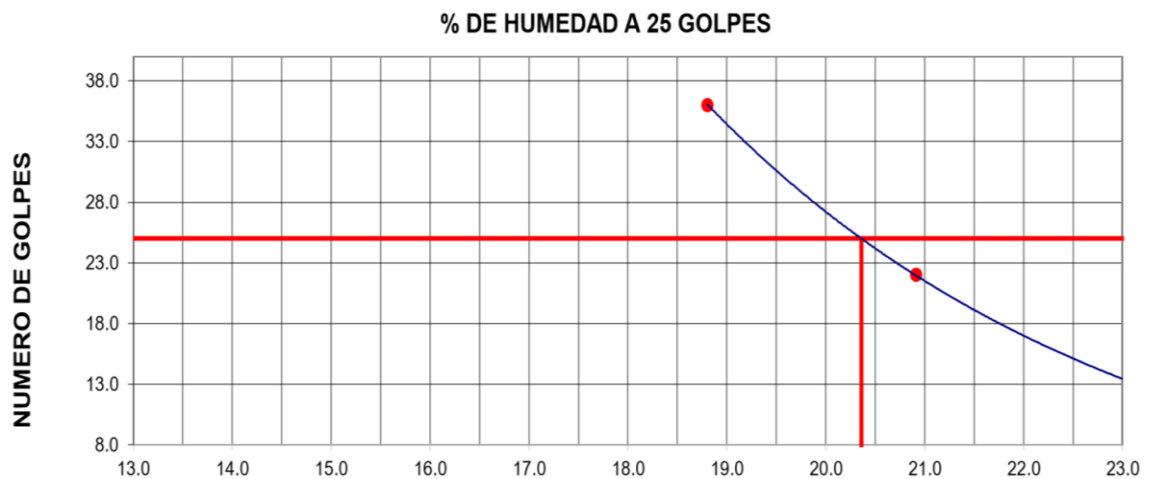
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL	=	7051.0	gr
2 1/2"	63.500				100.0		PESO FINO	=	300.0	gr
2"	50.800	245.0	3.5	3.5	96.5					
1 1/2"	38.100	1144.0	16.2	19.7	80.3		LIMITE LIQUIDO	=	20.36	%
1"	25.400	1872.0	26.6	46.2	53.8		LIMITE PLASTICO	=	16.37	%
3/4"	19.050	708.0	10.0	56.3	43.7		INDICE PLASTICO	=	3.99	%
1/2"	12.500	706.0	10.0	66.3	33.7		CLASF. AASHTO	=	A-1-a	(0)
3/8"	9.500	470.0	6.7	73.0	27.0		CLASF. SUCCS	=	GP	
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	=		gr/cc
# 4	4.750	184.0	2.6	75.6	24.4		HUMEDAD OPT.	=		%
# 8	2.360						CBR AL 95 % 0.1"	=		%
# 10	2.000	20.6	1.7	77.3	22.8		CBR AL 100 % 0.1"	=		%
# 20	1.190						Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	
# 30	0.600									
# 40	0.420	26.7	2.2	79.4	20.6		IMPUREZAS ORGANICAS	=	3.0	%
# 50	0.300						N° COLOR ORGANICO	=	-	
# 100	0.150	108.6	8.8	88.3	11.7		COLOR ESTANDAR	=	-	
# 200	0.075	82.9	6.8	95.0	5.0		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
< # 200		61.2	5.0	100.0				9210.0	8761.0	5.1%
FRACCION		300.0								
TOTAL		7051.0								

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
N° TARRO	9	11	14	
TARRO + SUELO HUMEDO	49.00	27.14	25.26	
TARRO + SUELO SECO	45.61	23.49	22.21	
AGUA	3.39	3.65	3.05	
PESO DEL TARRO	31.17	6.04	5.99	
PESO DEL SUELO SECO	14.44	17.45	16.22	
% DE HUMEDAD	23.48	20.92	18.80	
N° DE GOLPES	12	22	36	

LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
N° TARRO	28	20		
TARRO + SUELO HUMEDO	57.80	59.26		
TARRO + SUELO SECO	54.29	55.08		
AGUA	3.51	4.18		
PESO DEL TARRO	31.26	31.20		
PESO DEL SUELO SECO	23.03	23.88		
% DE HUMEDAD	15.24	17.50		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	20.74
LIMITE PLASTICO	15.75
INDICE DE PLASTICIDAD	5.00

OBSERVACIONES



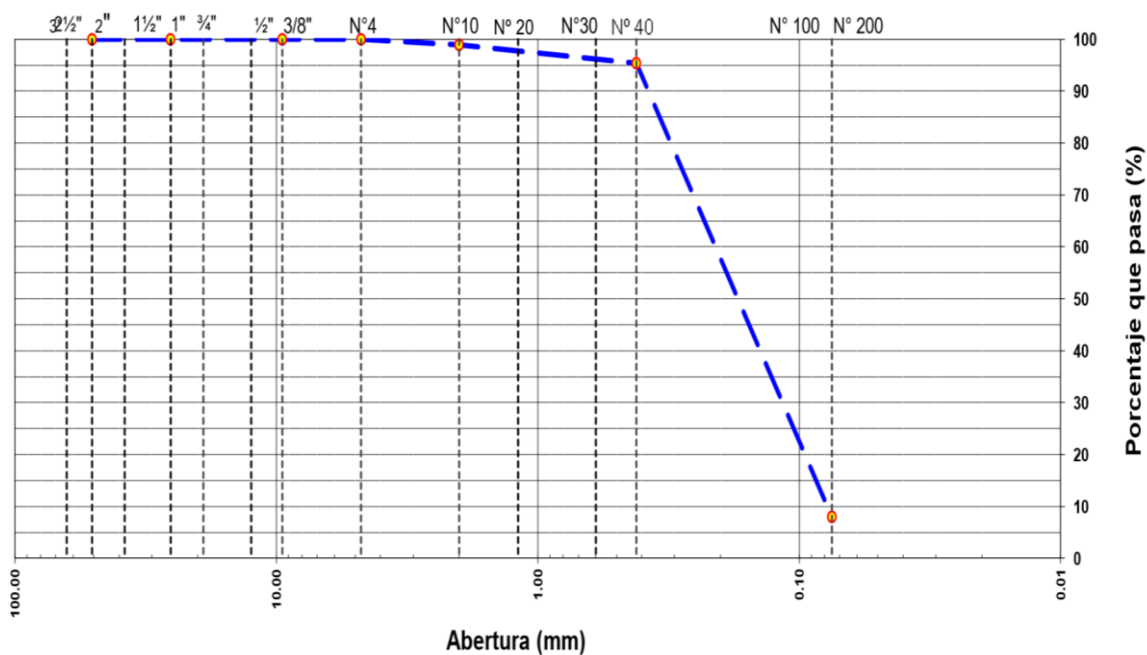
PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: 31/04/2019

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
MTC E-204 – ASTM D-422

MATERIAL : SUB RASANTE EXISTENTE  
 UBICACIÓN : CALICATA N° 09 KM 9+740 LADO DERECHO  
 PROFUNDIDAD : DE : 1.20 – 1.80 mts.

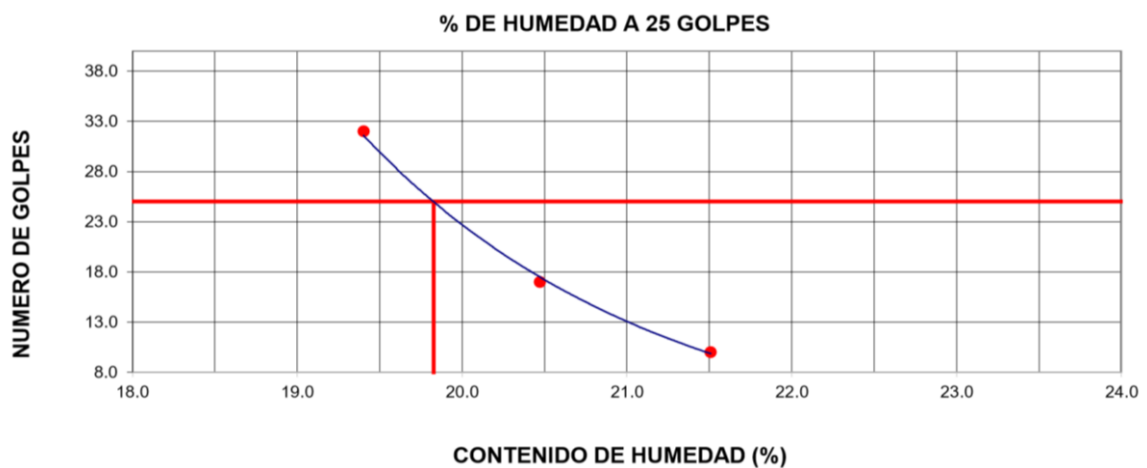
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL	=	300.0	gr
2 1/2"	63.500						PESO FINO	=	300.0	gr
2"	50.800									
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO	=	19.83	%
1"	25.400						LIMITE PLASTICO	=	18.72	%
3/4"	19.050						INDICE PLASTICO	=	1.11	%
1/2"	12.500						CLASF. AASHTO	=	A-2-4	(0)
3/8"	9.500						CLASF. SUCCS	=	SP - SM	
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA	=		gr/cc
# 4	4.750				100.0		HUMEDAD OPT.	=		%
# 8	2.360						CBR AL 95 % 0.1"	=		%
# 10	2.000	3.4	1.1	1.1	98.9		CBR AL 100 % 0.1"	=		%
# 20	1.190						Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	
# 30	0.600									
# 40	0.420	10.6	3.5	4.7	95.3		IMPUREZAS ORGANICAS	=	3.0	%
# 50	0.300						N° COLOR ORGANICO	=	-	
# 100	0.150	165.9	55.3	60.0	40.0		COLOR ESTANDAR	=	-	
# 200	0.075	96.3	32.1	92.1	7.9		% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
<# 200		23.8	7.9	100.0				1000.0	807.0	23.9%
FRACCION		300.0								
TOTAL		300.0								

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
Nº TARRO	9	10	12	
TARRO + SUELO HUMEDO	51.62	50.44	57.28	
TARRO + SUELO SECO	48.00	47.16	54.22	
AGUA	3.62	3.28	3.06	
PESO DEL TARRO	31.17	31.14	38.45	
PESO DEL SUELO SECO	16.83	16.02	15.77	
% DE HUMEDAD	21.51	20.47	19.40	
Nº DE GOLPES	10	17	32	

LIMITE LIQUIDO ( MTC E-111 - ASTM 4318 )				
Nº TARRO	15	19		
TARRO + SUELO HUMEDO	13.66	30.16		
TARRO + SUELO SECO	12.45	28.94		
AGUA	1.21	1.22		
PESO DEL TARRO	5.96	22.45		
PESO DEL SUELO SECO	6.49	6.49		
% DE HUMEDAD	18.64	18.80		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	19.83
LIMITE PLASTICO	18.72
INDICE DE PLASTICIDAD	1.11

OBSERVACIONES

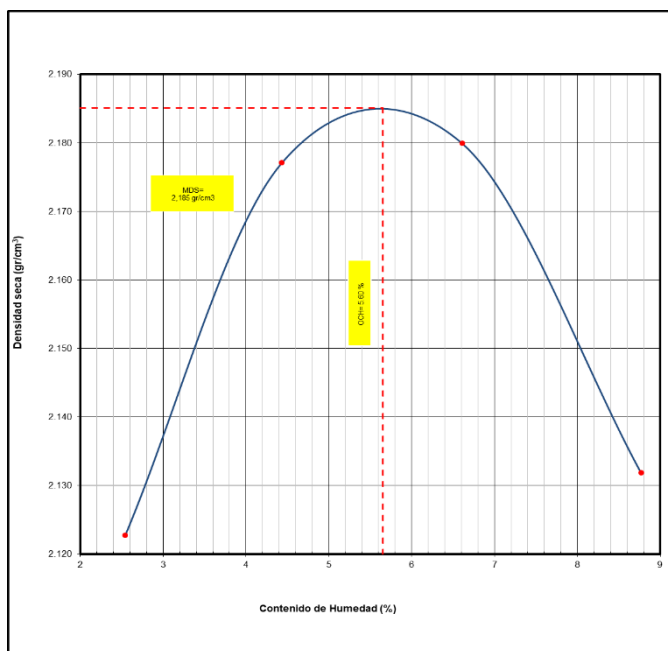
Estudios De Mecánica  
De Suelos Después De  
Aplicar El Diseño De Sub  
Drenaje

PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: Mayo del 2019

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO  
MTC E-115

MATERIAL : SUB RASANTE  
 UBICACIÓN : CALICATA N° 04 KM 8+650 LADO DERECHO  
 PROFUNDIDAD : DE : 0.40 – 0.60 mts.  
 CANTERA : SOMATE – ROCA  
 MUESTRA : M1

Nº de capas :	5	Altura de caída pisón:		45.8	cm	Peso de pisón (kg) :		4.529	Molde :	"C"
Energía de Compact. Modificada :		27.7		kg. cm / cm3		Número de golpes/capa:		56	Pisón Manual:	"A"
1	Peso molde + Suelo Húmedo	gr	7276		7480		7586		7575	
2	Peso de Molde	gr	2694		2694		2694		2694	
3	Peso suelo Húmedo Compactado	gr	4582		4786		4892		4881	
4	Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	2105		2105		2105		2105	
5	Densidad Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.177		2.274		2.324		2.319	
6	Resipiente N°		47	A3	8	150	53	10	36	4
7	Peso del Suelo Humedo + Tara	gr	150.2	157.3	155.5	169.8	149.6	152.3	147.1	150.7
8	Peso del Suelo Seco + Tara	gr	147.4	154.1	150.4	163.9	142.3	144.9	138.0	141.0
9	Peso del Agua	gr	2.8	3.2	5.1	5.9	7.3	7.4	9.1	9.7
10	Peso de Tara	gr	31.7	32.1	34.2	31.3	30.2	34.3	33.7	31.2
11	Peso de Suelo Seco	gr	115.7	122.0	116.2	132.7	112.1	110.7	104.3	109.8
12	Contenido de Humedad	%	2.4	2.6	4.4	4.5	6.5	6.7	8.7	8.8
13	Promedio de Humedad	%	2.5		4.4		6.6		8.8	
14	Densidad del Suelo Seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.123		2.177		2.180		2.132	
15	Cantidad de Agua	cm <sup>3</sup>	120		240		360		480	



Profundidad utilizada : “c”  
 Método de preparación utilizado : húmedo  
 Máxima densidad seca : 136.41 lbf/ft<sup>3</sup>  
 2.185 gr/cm<sup>3</sup>  
 Optimo contenido de humedad : 5.7

OBSERVACIONES: El material fue proporcionado por el proveedor

PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: Mayo del 2019

ENSAYO CBR  
(RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA)  
MTC E-132

MATERIAL : SUB RASANTE  
 UBICACIÓN : CALICATA Nº 04 KM 8+650 LADO DERECHO  
 PROFUNDIDAD : DE : 0.40 – 0.60 mts.  
 CANTERA : SOMATE – ROCA  
 MUESTRA : M1

Nº De Capas	5 capas					
Nº De Molde		1		2		3
Nº De Golpes		56		25		10
Peso del molde+suelo húmedo	gr.	8830		8604		8369
Peso del molde	gr.	4130		4135		4132
Peso del suelo húmedo	gr.	4700		4469		4237
Volúmen del molde	cm³.	2036		2039		2040
Densidad húmeda	gr/cm³.	2.308		2.192		2.077
Humedad	%	5.70		5.65		5.67
Densidad seca	gr/cm³.	2.184		2.075		1.966

EXPANSION

Fecha	Hora de inicio / fin	Tiempo (horas)	Lectura del Dial	Expansión		Lectura del Dial	Expansión		Lectura del Dial	Expansión	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
	10:35	0	0.000			0.000			0.000		
	10:50	96	0.10	0.1	0.0787402	0.10	0.1	0.0787402	0.10	0.1	0.0787402

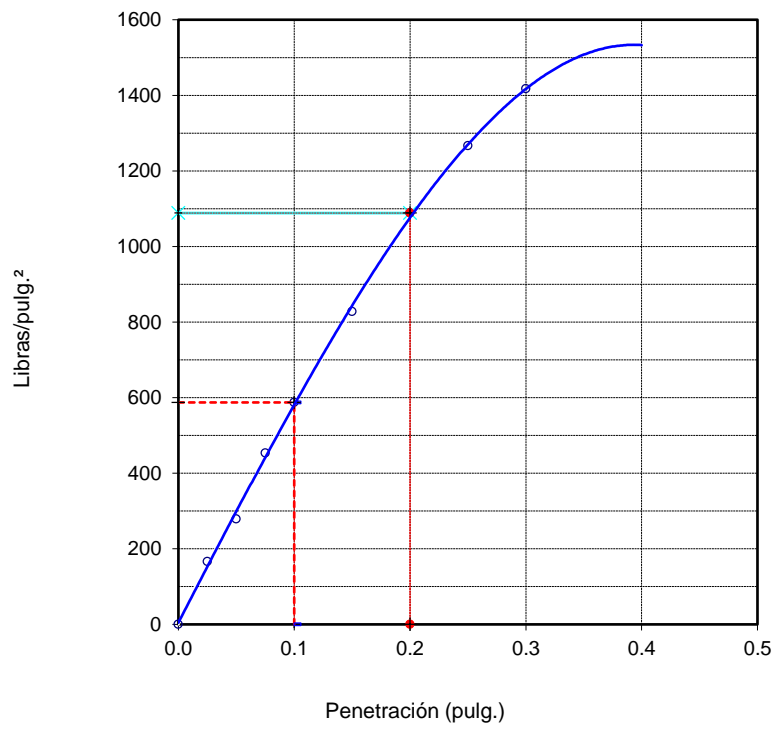
PENETRACION

Prensa Analógica

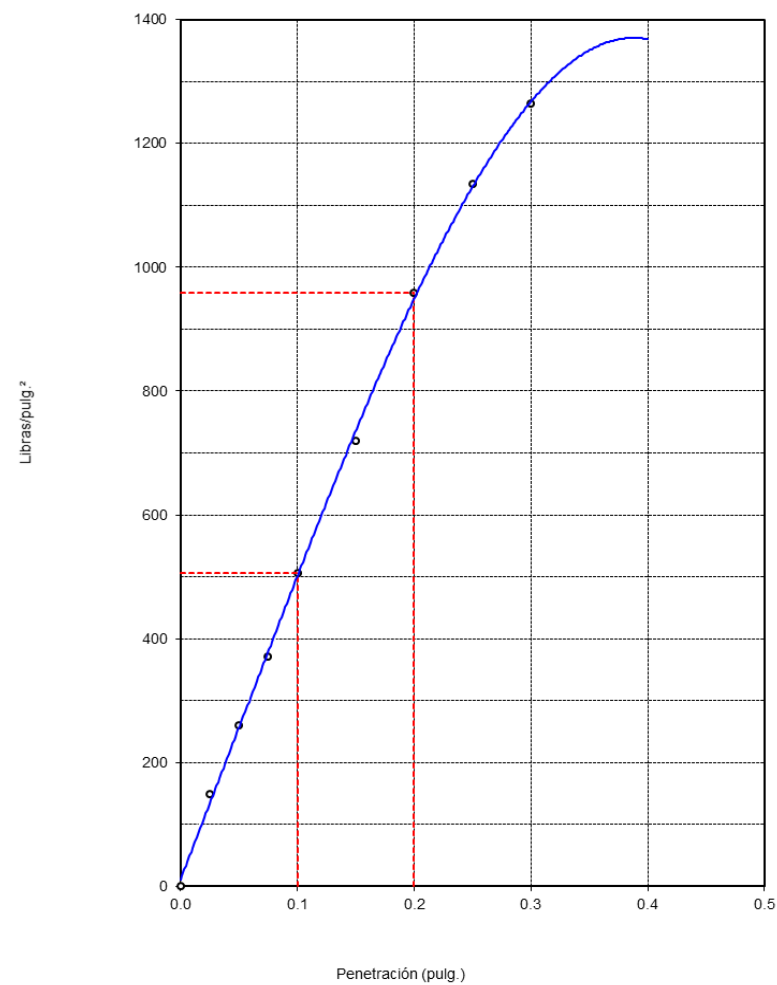
Penetración (pulg.)	Tiempo (lb/pulg.)	Carga Estd. (lb/pulg²)	Carga		Corregida		Carga		Corregida		Carga		Corregida	
			Diales	lb/pulg²	lb/pulg²	% CBR	Diales	lb/pulg²	lb/pulg²	% CBR	Diales	lb/pulg²	lb/pulg²	% CBR
0.000					0.000				0.000				0.000	
0.025	30"		147.00		166.7		132.00		149.7		103.00		116.8	
0.050	1'		246.00		278.9		230.00		260.8		183.00		207.5	
0.075	1'30"		400.00		453.5		327.00		370.7		265.00		300.5	
0.100	2'	1,000	518.00		587.3		446.00		505.7		360.00		408.2	
0.150	3'		730.00		827.7		635.00		720.0		556.00		630.4	
0.200	4'	1,500	960.00		1088.4		845.00		958.0		724.00		820.9	
0.250	5'		1117.00		1266.4		1000.00		1133.8		864.00		979.6	
0.300	6'	1,900	1250.00		1417.2		1115.00		1264.2		1005.00		1139.5	
0.350	7'													
0.400	8'	2,300												
0.450	9'													
0.500	10'	2,600												

Anillo Nº : 50 KN Capacidad : 10,000 Lbs. Sobrecarga : 10 Lbs. Constante :  $y=23.343 + 2.02 (x)$

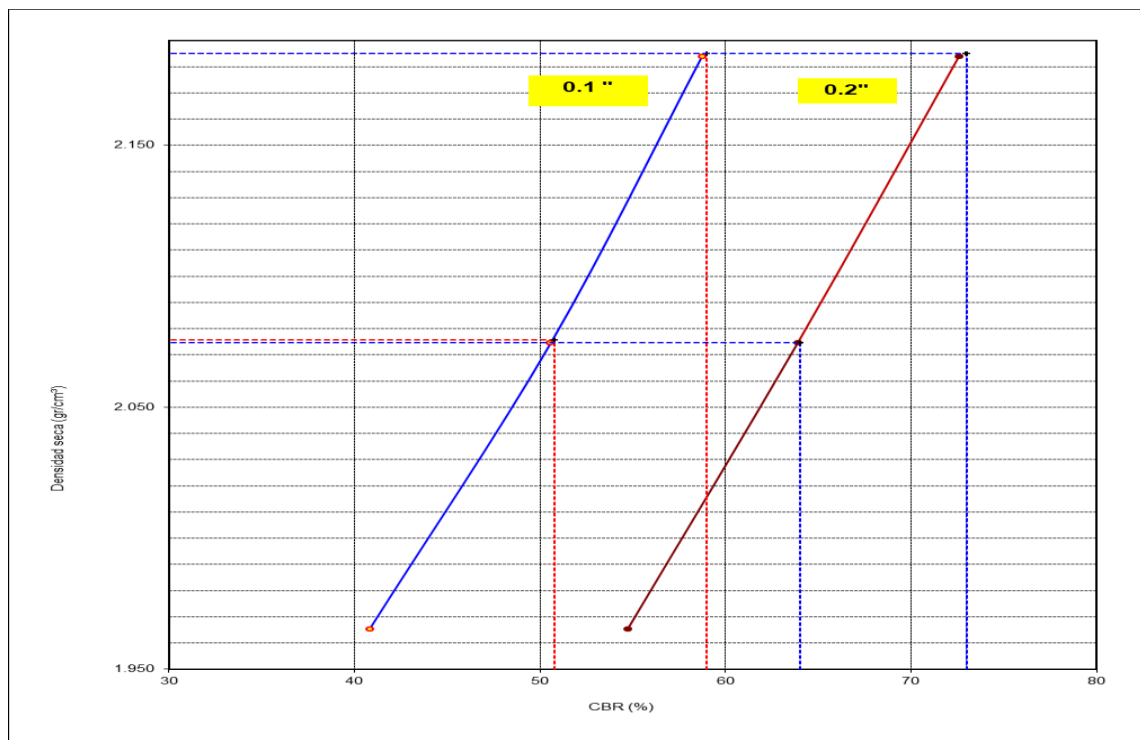
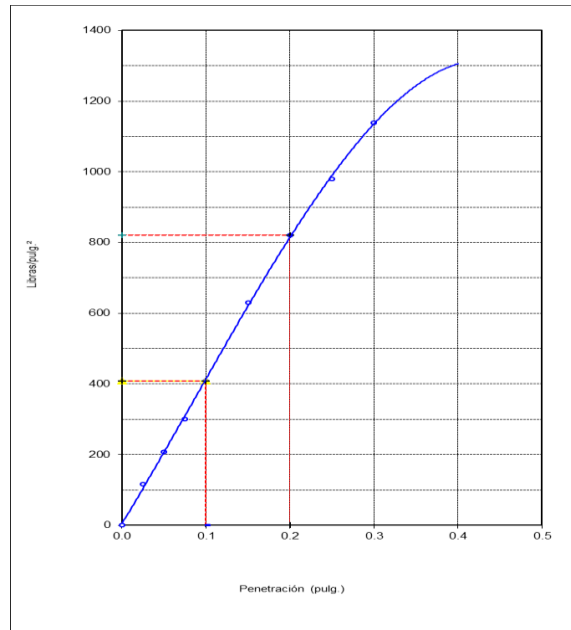
56 GOLPES  
 CBR (1) = 58.7 %  
 CBR (2) = 72.6 %



25 GOLPES  
 CBR (1) = 50.6 %  
 CBR (2) = 63.9 %



12 GOLPES  
 CBR (1) = 40.8 %  
 CBR (2) = 54.7 %



DENSIDAD SECA	2.185
HUMEDAD OPT.	5.70%

CBR (0.1) al 95 %	:	50.80 %
CBR (0.1) al 100 %	:	59.00 %

CBR (0.2) al 95 %	:	64.0 %
CBR (0.2) al 100 %	:	73.00 %

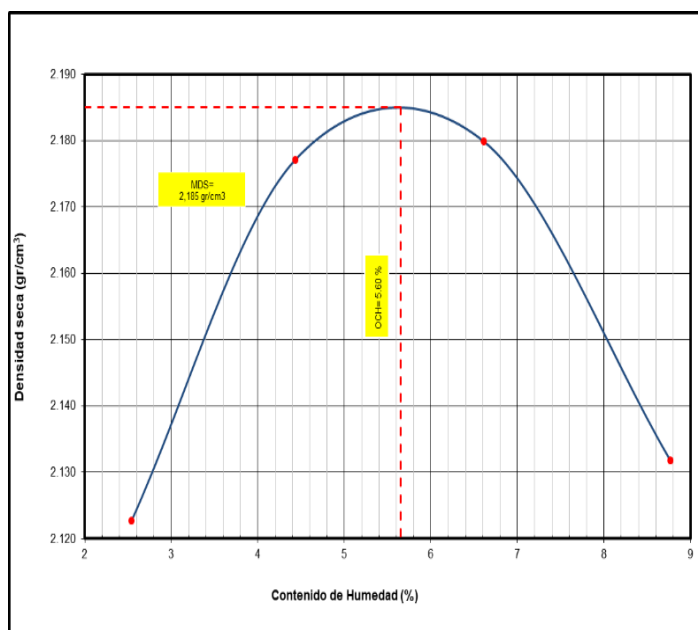
Observación: El moldeo y la penetración se realizó en el laboratorio

PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: Mayo del 2019

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO  
MTC E-115

MATERIAL : SUB RASANTE  
 UBICACIÓN : CALICATA N° 06 KM 9+000 LADO EJE  
 PROFUNDIDAD : DE : 0.40 – 0.60 mts.  
 CANTERA : SOMATE – ROCA  
 MUESTRA : M1

Nº de capas :	5	Altura de caída pisón:		45.8	cm	Peso de pisón (kg) :		4.529	Molde :	"C"
Energía de Compact. Modificada :		27.7	kg.cm / cm3		Número de golpes/capa:		56	Pisón Manual:		"A"
1	Peso molde + Suelo Húmedo	gr	7276		7480		7586		7575	
2	Peso de Molde	gr	2694		2694		2694		2694	
3	Peso suelo Húmedo Compactado	gr	4582		4786		4892		4881	
4	Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	2105		2105		2105		2105	
5	Densidad Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.177		2.274		2.324		2.319	
6	Resipiente N°		47	A3	8	150	53	10	36	4
7	Peso del Suelo Humedo + Tara	gr	150.2	157.3	155.5	169.8	149.6	152.3	147.1	150.7
8	Peso del Suelo Seco + Tara	gr	147.4	154.1	150.4	163.9	142.3	144.9	138.0	141.0
9	Peso del Agua	gr	2.8	3.2	5.1	5.9	7.3	7.4	9.1	9.7
10	Peso de Tara	gr	31.7	32.1	34.2	31.3	30.2	34.3	33.7	31.2
11	Peso de Suelo Seco	gr	115.7	122.0	116.2	132.7	112.1	110.7	104.3	109.8
12	Contenido de Humedad	%	2.4	2.6	4.4	4.5	6.5	6.7	8.7	8.8
13	Promedio de Humedad	%	2.5		4.4		6.6		8.8	
14	Densidad del Suelo Seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.123		2.177		2.180		2.132	
15	Cantidad de Agua	cm <sup>3</sup>	120		240		360		480	



Profundidad utilizada : “c”  
 Método de preparación utilizado : húmedo  
 Máxima densidad seca : 136.41 lbf/ft<sup>3</sup>  
 2.185 gr/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 5.7

OBSERVACIONES: El material fue proporcionado por el proveedor



PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: Mayo del 2019

ENSAYO CBR  
(RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA)  
MTC E-132

MATERIAL : SUB RASANTE  
 UBICACIÓN : CALICATA N° 06 KM 9+000 LADO DERECHO  
 PROFUNDIDAD : DE : 0.40 – 0.60 mts.  
 CANTERA : SOMATE – ROCA  
 MUESTRA : M1

N° De Capas	5 capas				
N° De Molde	1		2		3
N° De Golpes	56		25		10
Peso del molde+suelo húmedo gr.	8830		8604		8369
Peso del molde gr.	4130		4135		4132
Peso del suelo húmedo gr.	4700		4469		4237
Volúmen del molde cm³.	2036		2039		2040
Densidad húmeda gr/cm³.	2.308		2.192		2.077
Humedad %	5.70		5.65		5.67
Densidad seca gr/cm³.	2.184		2.075		1.966

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura del Dial	Expansión		Lectura del Dial	Expansión		Lectura del Dial	Expansión	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
	0	10:35	0.000			0.000			0.000		
	96	10:50	0.10	0.1	0.0787402	0.10	0.1	0.0787402	0.10	0.1	0.0787402

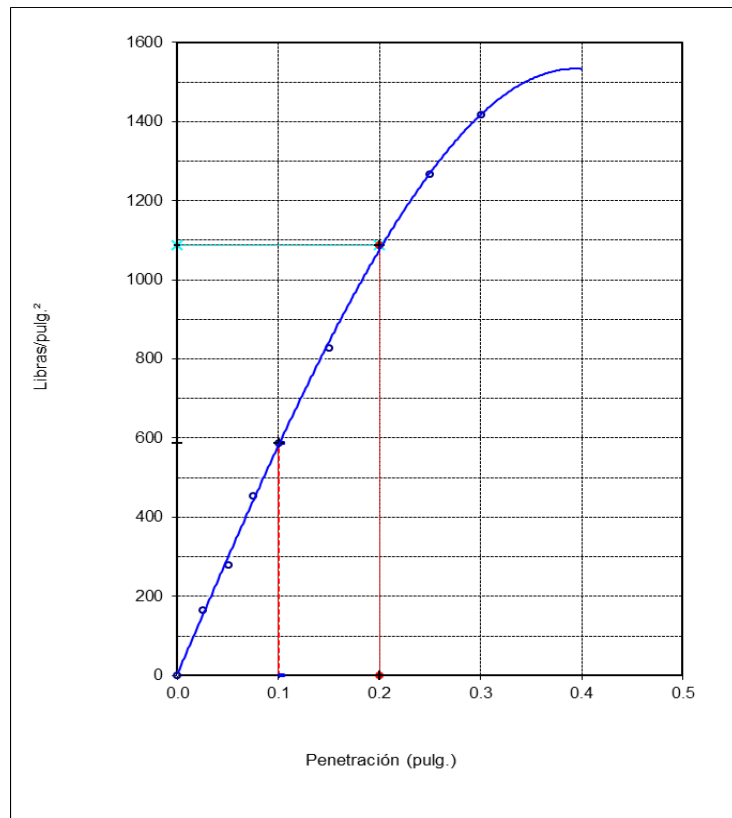
PENETRACION

Prensa Analógica

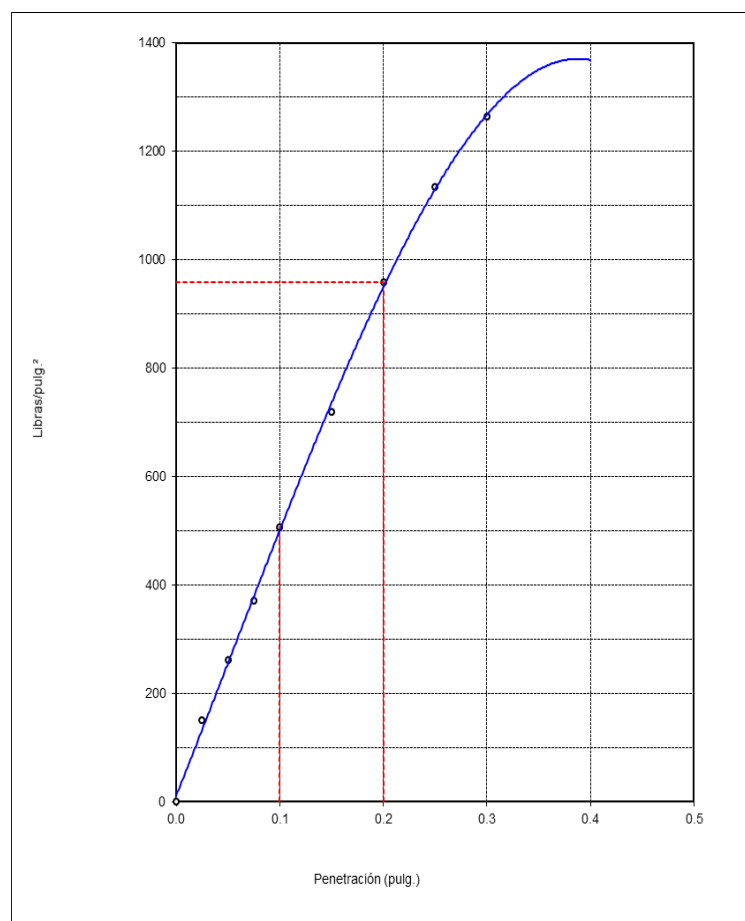
Penetra- ción (pulg.)	Tiempo (lb/pulg.)	Carga Estd. (lb./pulg²)	Carga Diales	lb/pulg²	Corregida lb/pulg²	% CBR	Carga Diales	lb/pulg²	Corregida lb/pulg²	% CBR	Carga Diales	lb/pulg²	Corregida lb/pulg²	% CBR
0.000					0.000				0.000				0.000	
0.025	30"		147.00		166.7		132.00		149.7		103.00		116.8	
0.050	1'		246.00		278.9		230.00		260.8		183.00		207.5	
0.075	1'30"		400.00		453.5		327.00		370.7		265.00		300.5	
0.100	2'	1,000	518.00		587.3		446.00		505.7		360.00		408.2	
0.150	3'		730.00		827.7		635.00		720.0		556.00		630.4	
0.200	4'	1,500	960.00		1088.4		845.00		958.0		724.00		820.9	
0.250	5'		1117.00		1266.4		1000.00		1133.8		864.00		979.6	
0.300	6'	1,900	1250.00		1417.2		1115.00		1264.2		1005.00		1139.5	
0.350	7'													
0.400	8'	2,300												
0.450	9'													
0.500	10'	2,600												

Anillo N° : 50 KN Capacidad : 10,000 Lbs. Sobrecarga : 10 Lbs. Constante :  $y=23.343 + 2.02 (x)$

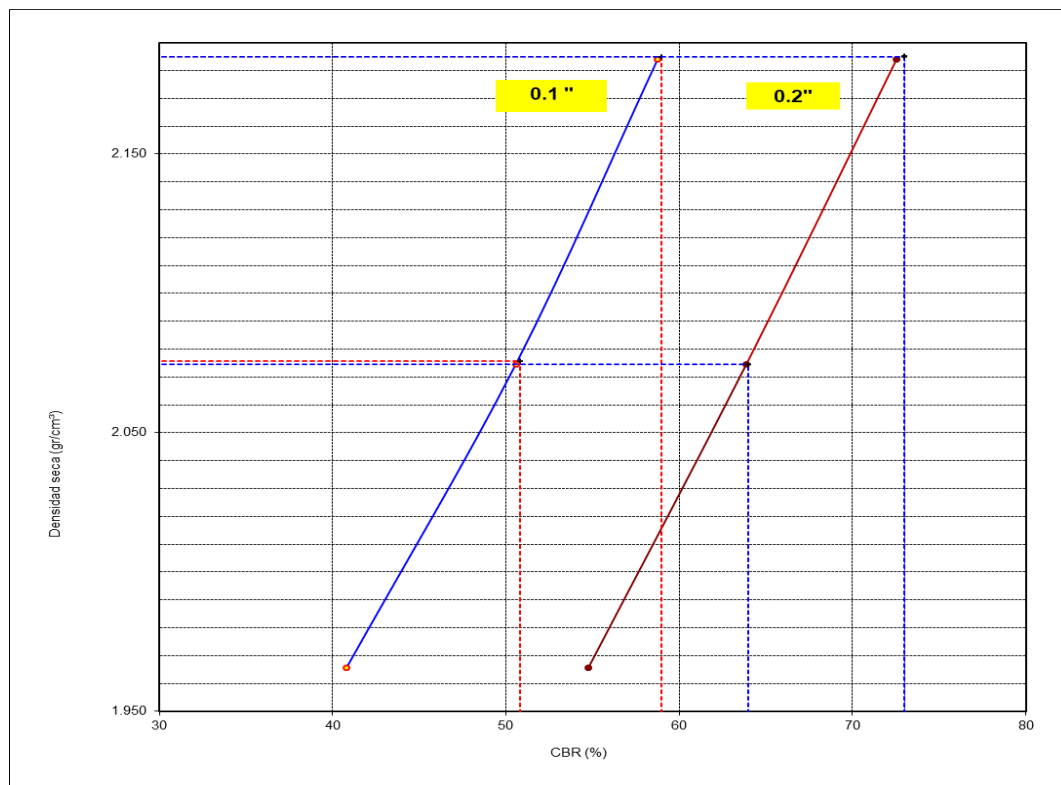
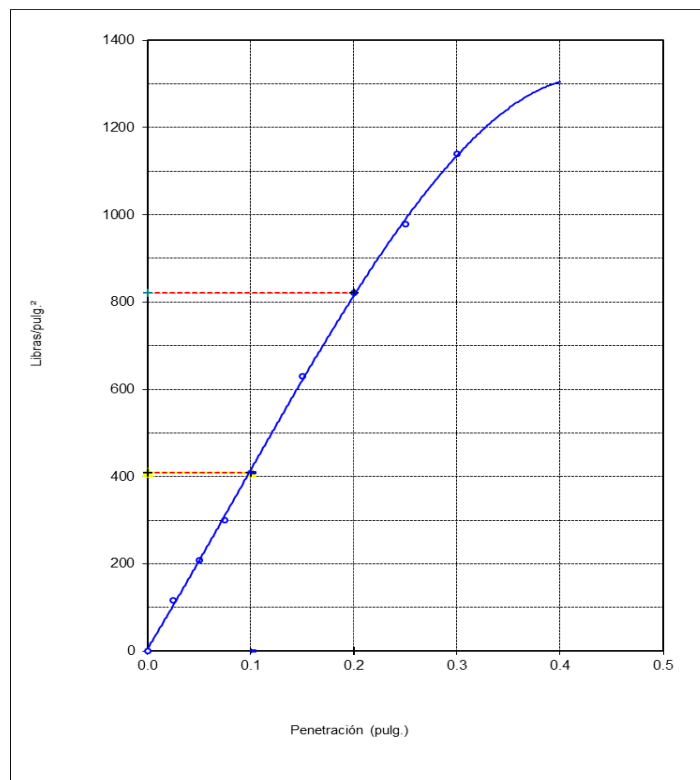
56 GOLPES  
 CBR (1) = 58.7 %  
 CBR (2) = 72.6 %



25 GOLPES  
 CBR (1) = 50.6 %  
 CBR (2) = 63.9 %



12 GOLPES  
 CBR (1) = 40.8 %  
 CBR (2) = 54.7 %



DENSIDAD SECA	2.185
HUMEDAD OPT.	5.70%

CBR (0.1) al 95 %	:	50.80	%
CBR (0.1) al 100 %	:	59.00	%

CBR (0.2) al 95 %	:	64.0	%
CBR (0.2) al 100 %	:	73.00	%

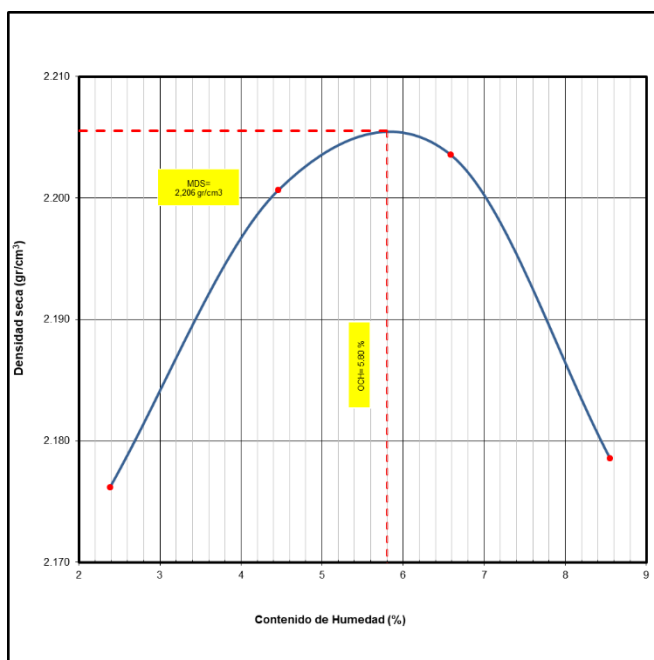
Observación: El moldeo y la penetración se realizó en el laboratorio

PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: Mayo del 2019

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO  
MTC E-115

MATERIAL : SUB RASANTE  
 UBICACIÓN : CALICATA N° 06 KM 9+640 LADO DERECHO  
 PROFUNDIDAD : DE : 0.40 – 0.60 mts.  
 CANTERA : SOMATE – ROCA  
 MUESTRA : M1

Nº de capas : 5		Altura de caída pisón:		45.8	cm	Peso de pisón (kg) :		4.529	Molde :		"C"
Energía de Compact. Modificada :		27.7		kg.cm/ cm3		Número de golpes/capa:		56	Pisón Manual:		"A"
1	Peso molde + Suelo Húmedo	gr	7384		7533		7638		7672		
2	Peso de Molde	gr	2694		2694		2694		2694		
3	Peso suelo Húmedo Compactado	gr	4690		4839		4944		4978		
4	Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	2105		2105		2105		2105		
5	Densidad Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.228		2.299		2.349		2.365		
6	Resipiente N°		78	A5	32	7	A2	74	6	S2	
7	Peso del Suelo Humedo + Tara	gr	155.3	160.9	152.2	159.2	167.2	149.5	155.2	171.1	
8	Peso del Suelo Seco + Tara	gr	152.4	158.1	147.1	154.0	159.0	142.5	145.9	160.3	
9	Peso del Agua	gr	2.9	2.8	5.1	5.2	8.2	7.0	9.3	10.8	
10	Peso de Tara	gr	33.5	34.2	34.9	35.2	34.5	36.1	35.9	34.9	
11	Peso de Suelo Seco	gr	118.8	123.9	112.2	118.8	124.5	106.4	110.0	125.4	
12	Contenido de Humedad	%	2.5	2.3	4.5	4.4	6.6	6.6	8.5	8.6	
13	Promedio de Humedad	%	2.4		4.5		6.6		8.6		
14	Densidad del Suelo Seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.176		2.201		2.204		2.179		
15	Cantidad de Agua	cm <sup>3</sup>	120		240		360		480		



Profundidad utilizada : “c”  
 Método de preparación utilizado : húmedo  
 Máxima densidad seca : 136.41 lbf/pie<sup>3</sup>  
 2.185 gr/cm<sup>3</sup>  
 Optimo contenido de humedad : 5.7

OBSERVACIONES: El material fue proporcionado por el proveedor

PROYECTO	“MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACION POR INCORPORACION DE SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL KM 8+500 AL KM 9+500 CON PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN LA CARRETERA ALTO CHIRA – SULLANA - PIURA”	
SOLICITA	Bach. Edwin Joel Vite Cardoza	FECHA DE INFORME: Mayo del 2019

ENSAYO CBR  
(RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA)  
MTC E-132

MATERIAL : SUB RASANTE  
 UBICACIÓN : CALICATA Nº 08 KM 9+640 LADO DERECHO  
 PROFUNDIDAD : DE : 0.40 – 0.60 mts.  
 CANTERA : SOMATE – ROCA  
 MUESTRA : M1

Nº De Capas	5 capas				
Nº De Molde	3		6		75
Nº De Golpes	56		25		10
Peso del molde+suelo húmedo gr.	9702		8750		9114
Peso del molde gr.	4280		4011		4235
Peso del suelo húmedo gr.	5422		4739		4879
Volumen del molde cm³.	2323		2137		2323
Densidad húmeda gr/cm³.	2.334		2.218		2.100
Humedad %	5.80		5.85		5.80
Densidad seca gr/cm³.	2.206		2.095		1.985

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura del Dial	Expansión		Lectura del Dial	Expansión		Lectura del Dial	Expansión	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
	0		0.000			0.000			0.000		
	96		0.1	0.1	0.0787402	0.1	0.1	0.0787402	0.1	0.1	0.0787402

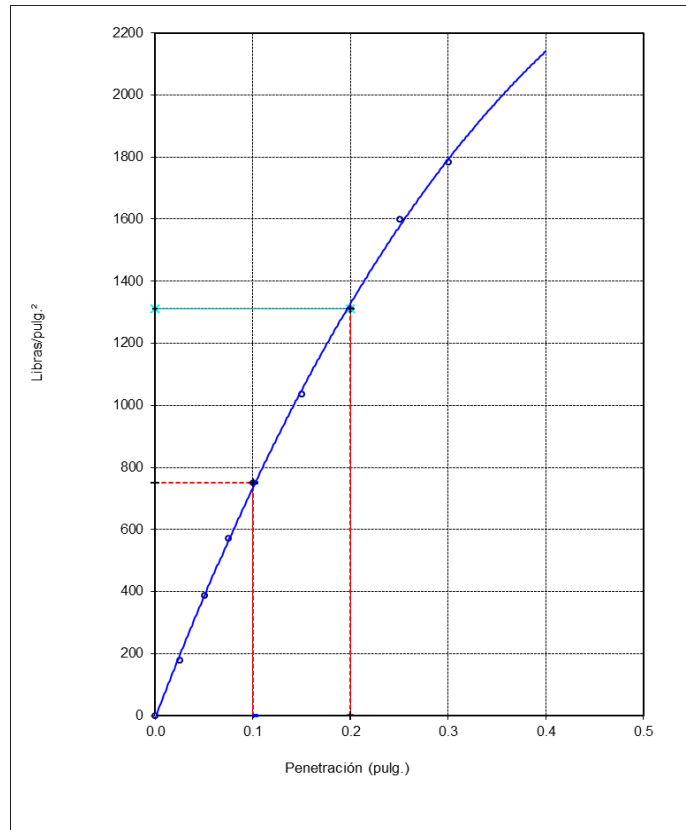
PENETRACION

Prensa Análogica

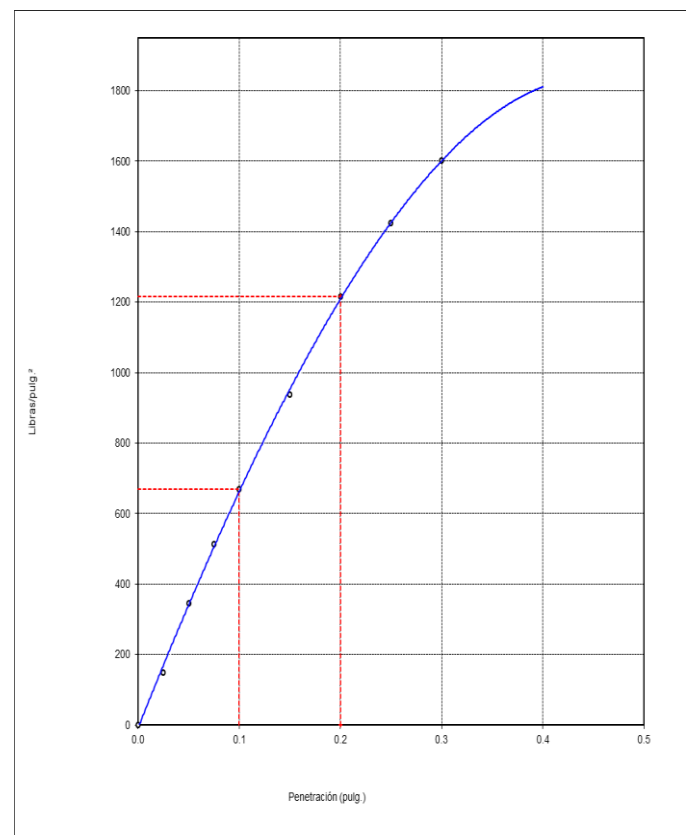
Penetra- ción (pulg.)	Tiempo (lb/pulg.)	Carga Estd. (lb./pulg²)	Carga		Corregida		Carga		Corregida		Carga		Corregida	
			Diales	lb/pulg²	lb/pulg²	% CBR	Diales	lb/pulg²	lb/pulg²	% CBR	Diales	lb/pulg²	lb/pulg²	% CBR
0.000					0.000				0.000				0.000	
0.025	30"		52.00		179.6		43.00		149.0		36.00		125.2	
0.050	1'		113.00		387.1		101.00		346.3		85.00		291.8	
0.075	1'30"		167.00		570.7		150.00		512.9		124.00		424.5	
0.100	2'	1,000	220.00		751.0		196.00		669.4		175.00		597.9	
0.150	3'		304.00		1036.7		275.00		938.0		240.00		819.0	
0.200	4'	1,500	385.00		1312.2		357.00		1216.9		305.00		1040.1	
0.250	5'		470.00		1601.2		418.00		1424.4		365.00		1244.1	
0.300	6'	1,900	524.00		1784.9		470.00		1601.2		407.00		1387.0	
0.350	7'													
0.400	8'	2,300												
0.450	9'													
0.500	10'	2,600												

Anillo Nº : 50 KN      Capacidad : 10,000 Lbs.      Sobrecarga : 15 Lbs.      Constante :  $y=23.343 + 2.02 (x)$

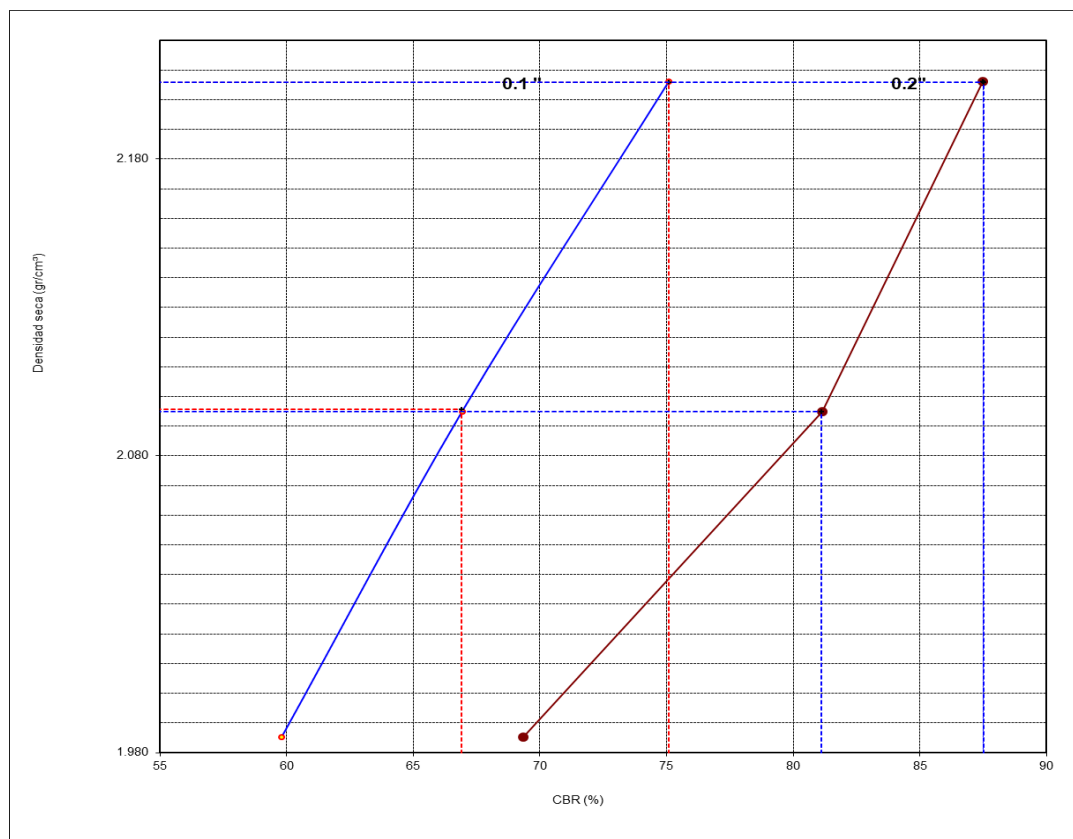
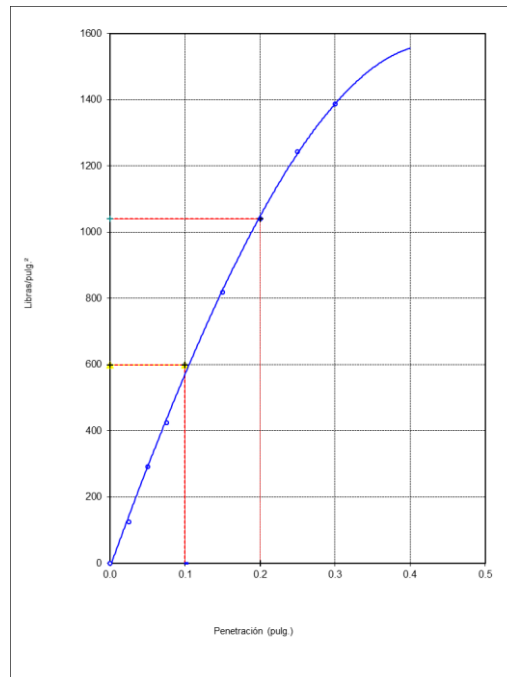
56 GOLPES  
 CBR (1) = 75.1 %  
 CBR (2) = 87.5 %



25 GOLPES  
 CBR (1) = 66.9 %  
 CBR (2) = 81.1 %



10 GOLPES  
 CBR (1) = 59.8 %  
 CBR (2) = 69.3 %



DENSIDAD SECA	2.206 gr/cm <sup>3</sup>
HUMEDAD OPT.	5.80%

CBR (0.1) al 95 %	:	66.90	%
CBR (0.1) al 100 %	:	75.10	%

CBR (0.2) al 95 %	:	81.1	%
CBR (0.2) al 100 %	:	87.50	%

Observación: El moldeo y la penetración se realizó en el laboratorio

# ANEXO N°- 5.3

## - Planos



DATOS DE POLIGONAL				
ESTACION	NORTE	ESTE	COTA	KM
1	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
2	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
3	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
4	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
5	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
6	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
7	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
8	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
9	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
10	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
11	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
12	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
13	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
14	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
15	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
16	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
17	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
18	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
19	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
20	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
21	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
22	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
23	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
24	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
25	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
26	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
27	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
28	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
29	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
30	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
31	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
32	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
33	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
34	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
35	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
36	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
37	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
38	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
39	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
40	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
41	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
42	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
43	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
44	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
45	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
46	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
47	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
48	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
49	508626.08	508281.44	508000	0+000.00
50	508626.08	508281.44	508000	0+000.00

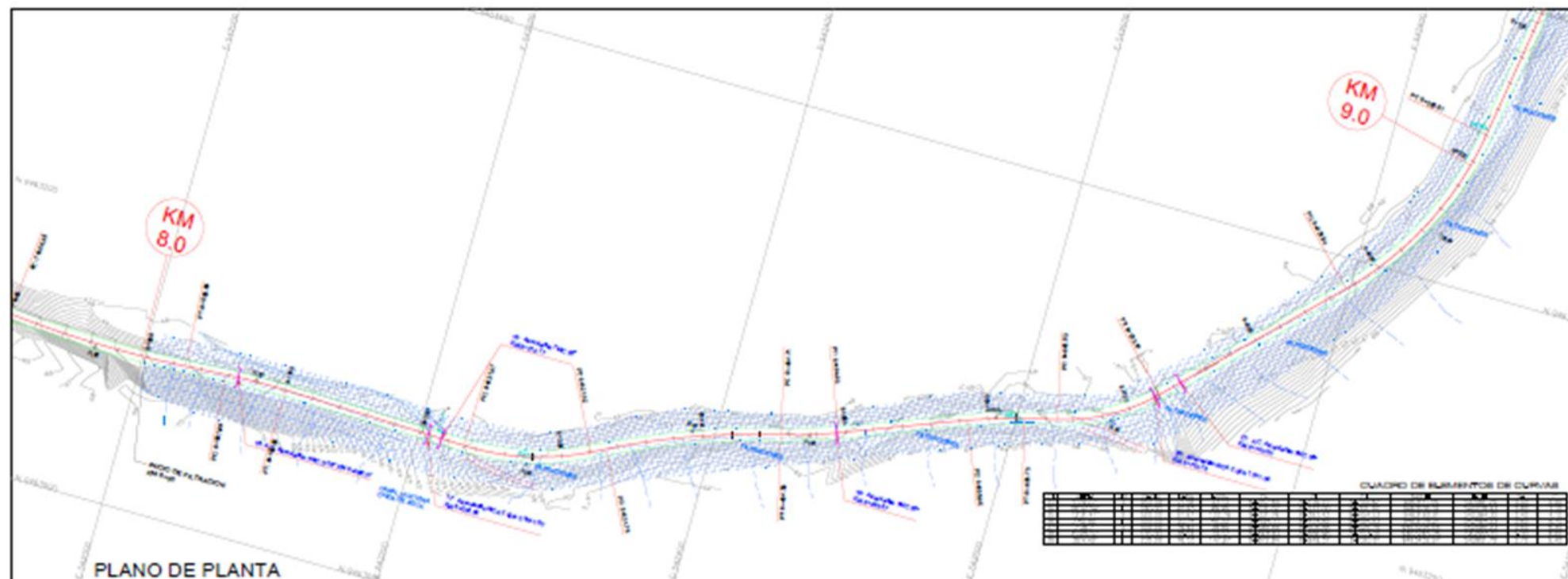
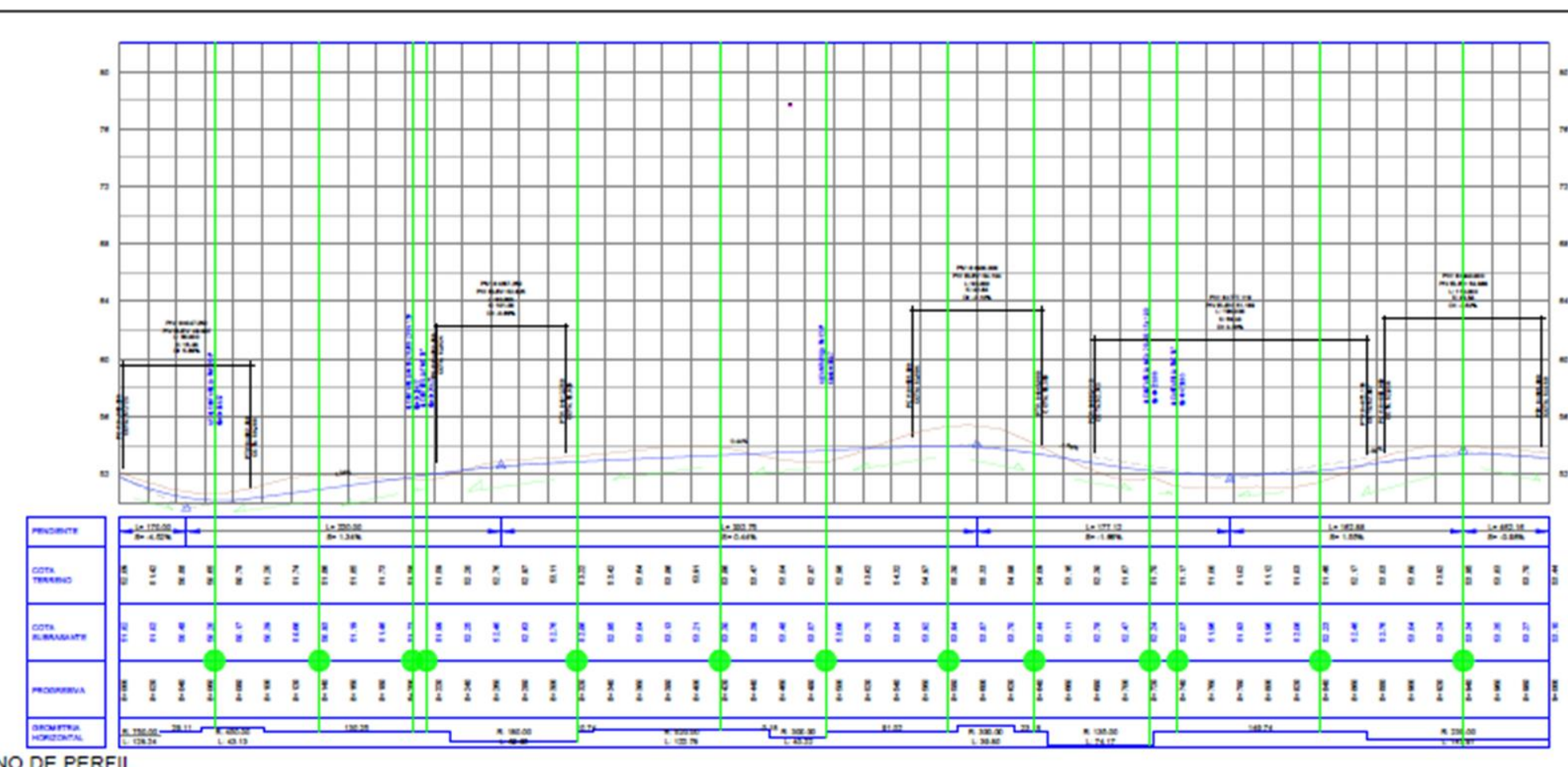


TABLA DE BNA DE SUPERFICIE ENTIERROS					
ESTACION	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION	LADO
1	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
2	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
3	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
4	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
5	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
6	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
7	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
8	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
9	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
10	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
11	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
12	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
13	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
14	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
15	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
16	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
17	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
18	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
19	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
20	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
21	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
22	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
23	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
24	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
25	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
26	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
27	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
28	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
29	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
30	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
31	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
32	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
33	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
34	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
35	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
36	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
37	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
38	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
39	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
40	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
41	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
42	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
43	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
44	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
45	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
46	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
47	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
48	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
49	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.
50	508626.08	508281.44	508000	BNA DE POSTE	DER.



LEYENDA	
OBRA	
NOVA	
LOCALIZACION	
POSTE ELEC.	
POSTE MEDIO	
POSTE TRUP	
ALCANTARILLA	
CAVAL DE RIBBO	
BARRIO	
BETONON	
PI	
SM	
FILTRACIONES	
AREA DE AFECTACION POR FILTRACIONES	



